

Riku-Petteri Tanhuva

Kunnossapito-ohjelma Helsingin telakan sähkö- laitteistoille

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

06.05.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Riku-Petteri Tanhuva Kunnossapito-ohjelma Helsingin telakan sähkölaitteistoille 41 sivua + 17 liitettä 06.05.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Sampsa Kupari Sähkötöiden johtaja Kimmo Partanen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Helsingin telakalla toimivalle Arctech Helsinki Shipyard Oy:lle sähkölaitteistojen kokonaisvaltainen hoito ja kunnossapito-ohjelma. Kunnossapito-ohjelman tavoitteena on pidentää olemassa olevien sähköjärjestelmien käyttöikää sekä parantaa niiden käyttövarmuutta. Näillä toimenpiteillä pyritään varmistamaan telakan toimintaedellytykset myös tulevaisuudessa.</p> <p>Työssä perehdyttiin aluksi sähköturvallisuuslain määräämiin sähkölaitteistoja koskeviin vaatimuksiin sekä sähkölaitteistojen luokituksiin. Ohjelman luomisen apuna käytettiin myös Sähköinfo Oy:n julkaisemia sähkölaitteistojen huoltoon ja kunnossapitoon liittyviä ohjeistuksia.</p> <p>Työn aikana tutustuttiin telakan sähköjärjestelmiin sekä yleiseen sähkönjakeluverkon rakenteeseen. Kunnossapito-ohjelmaan sisällytettäviä järjestelmiä ovat muuntamot ja niiden sähkölaitteistot, ryhmä- ja jakokeskukset, poistumisvalaistusjärjestelmät, akustot, paloilmoinjärjestelmät, räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteet sekä valaistusjärjestelmät.</p> <p>Tämän jälkeen aloitettiin vaaditun dokumentaation laatiminen. Kunnossapito-ohjelman rungon muodostaa Excel-pohjainen, rakennus- ja järjestelmäkohtainen hoidon ja kunnossapidon seurantaohjelma, johon kirjataan kaikkien toimenpiteiden suorittajat, suoritusajankohdat, aikavälit sekä kuittaukset suoritetuista toimenpiteistä. Muita ohjelmaan luotuja dokumentteja ovat erinäiset tarkastuspöytäkirjat, huoltopäiväkirjat, työohjeistukset sekä muu dokumentaatio.</p> <p>Lopputuloksena oli selkeä ja helppokäyttöinen kunnossapito-ohjelma, jonka avulla kunnossapidon suunnittelu, toteutus ja seuranta helpottuivat merkittävästi. Kaikki kunnossapito-ohjelmaan luotu dokumentaatio tallennettiin yrityksen sisäiseen, kunnossapitoon erikoistuneeseen projektinohjaushakemistoon sekä tulostettiin paperiversioiksi kansioihin tallennettavaksi.</p>	
Avainsanat	kunnossapito-ohjelma, huolto, sähköturvallisuus, sähkölaitteisto

Author Title	Riku-Petteri Tanhuva Maintenance Program for The Electrical Systems of Helsinki Shipyard
Number of Pages Date	41 pages + 17 appendices 6 May 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical engineering
Specialisation option	Electrical power engineering
Instructors	Sampsa Kupari, Senior Lecturer Kimmo Partanen, Supervisor of electrical work
<p>The purpose of this study was to compile a comprehensive care and maintenance program for the electrical systems at Arctech Helsinki Shipyard Oy, which operates at the Helsinki shipyard. The goal of the program is to extend the lifetime of existing electrical systems and improve their operational reliability. These measures are intended to ensure that the yard can continue to operate also in the future.</p> <p>In the initial phase of the work, the requirements imposed by the Electricity Safety Act and the classes of different electrical equipment were familiarized with. Instructions issued by Sähköinfo Oy concerning care and maintenance of electrical equipment were also helpful during the creation of the program.</p> <p>Over the course of the work, the shipyard's electrical systems and the structure of the electricity distribution network were familiarized with. Systems to be included in the maintenance program include transformer substations and their electrical installations, electrical cabinets, exit lighting systems, fire alarm systems, batteries, electrical equipment in hazardous areas and lighting systems.</p> <p>Next step was the creation of the required documentation. The main body of the maintenance program consists of an excel-based building and system specific monitoring program for care and maintenance. Monitoring program records the performers, dates, intervals and acknowledgments of all the maintenance measures to be carried out. Other created documents include various inspection records, maintenance logs, work instructions and other documentation.</p> <p>The result is a clear and easy-to-use maintenance program, which makes it easier to design, implement and track maintenance work. All documentation created for the maintenance program were stored in the company's internal, maintenance specific project control directory and also printed on paper and stored in folders.</p>	
Keywords	maintenance program, service, electrical safety, electrical equipment

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sähköturvallisuuslaki	3
3	Sähkölaitteistojen tarkastukset	5
3.1	Käyttöönottotarkastus	5
3.2	Varmennustarkastus	6
3.3	Määräaikaistarkastus	7
3.4	Muut tarkastukset	8
4	Sähkötöiden ja käytön johtaja	9
4.1	Sähkötöiden johtaja	9
4.2	Käytön johtaja	10
5	Kunnossapito-ohjelman laadinta	11
5.1	Rakenne	12
5.2	Tarvetasot	12
6	Hoito- ja kunnossapito-ohjelma Helsingin telakalle	13
6.1	Muuntamot	15
6.1.1	Muuntamoiden seurantatarkastukset	16
6.1.2	Keskijännitekojeistojen kunnossapitotarkastukset	17
6.1.3	Muuntajien kunnossapitotarkastukset	23
6.1.4	Pääkeskusten kunnossapitotarkastukset	25
6.1.5	Kompensointilaitteiston kunnossapitotarkastukset	26
6.1.6	Maadoitusmittaukset	27
6.1.7	Muut muuntamon kunnossapitotoimenpiteet	28
6.2	Lämpökuvaus	29
6.3	Ryhmä- ja jakokeskukset	30
6.4	Paloilmoitinjärjestelmä	31
6.5	Poistumisvalaistusjärjestelmät	32
6.6	Akustot	33
6.7	Räjähdyksvaaralliset tilat	34
6.8	Valaistus	37
7	Yhteenveto	38

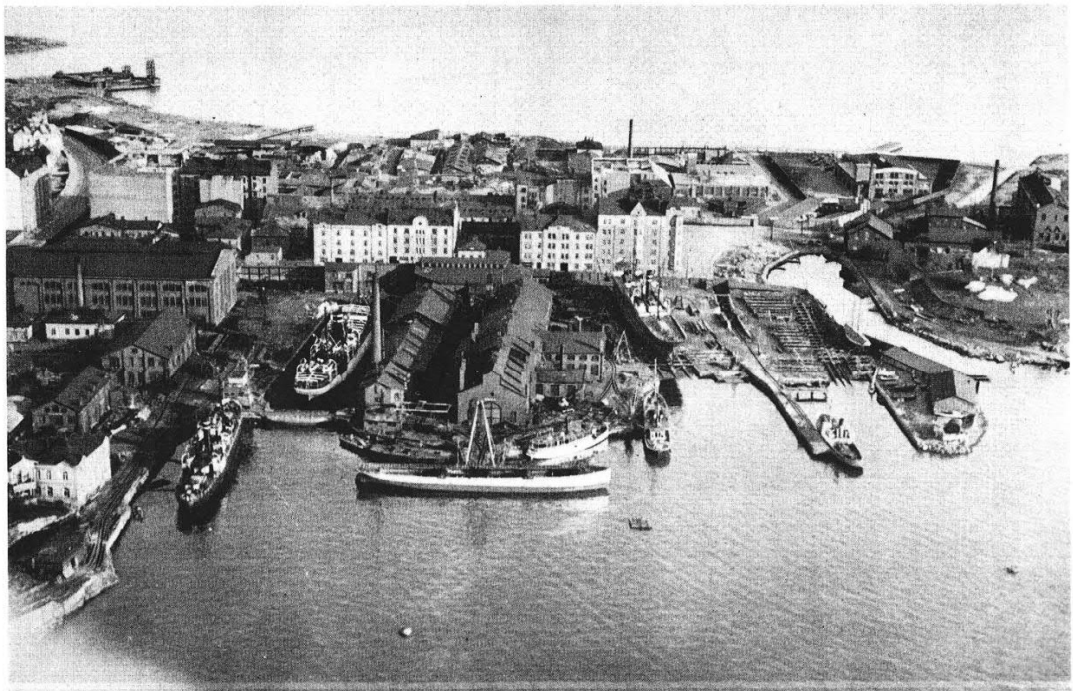
Liitteet

- Liite 1. Hoidon ja kunnossapidon seurantaohjelma
- Liite 2. Muuntamoiden varusteluettelo
- Liite 3. Muuntamon seurantatarkastus
- Liite 4. Muuntamon kunnossapitotarkastus
- Liite 5. Kompensoinnin kunnossapitotarkastus
- Liite 6. Muuntamon maadoitusmittaukset
- Liite 7. Muuntamon lämpökuvaus
- Liite 8. Öljymuuntajan näytteenotto
- Liite 9. Muuntamon siivous ja puhdistus
- Liite 10. Määräaikaistarkastus
- Liite 11. Lämpökuvauksen työohje
- Liite 12. Jakokeskuksen kunnossapitotarkastus
- Liite 13. Paloilmoitinjärjestelmän hoito- ja kunnossapitotoimenpiteet
- Liite 14. Poistumisvalaistusjärjestelmän hoito- ja kunnossapitotoimenpiteet
- Liite 15. ATEX-tilan kunnossapitotarkastukset
- Liite 16. ATEX-tilan sähkömoottorien lämpörelekoestus
- Liite 17. ATEX-tilan maadoitusmittaukset

1 Johdanto

Arctech Helsinki Shipyard Oy on arktiseen merenkäyntiin erikoistunut yritys, joka sijaitsee Helsingin Hietalahden telakalla. Yrityksen päätuotteita ovat jäänmurtajat sekä vaati-
viin olosuhteisiin tarkoitettut erikoisalukset, esimerkiksi arktiset öljytankkerit ja huoltoalukset. Valtaosa maailman jäänmurtajista on rakennettu Helsingin telakalla. Myös risteilyaluksia on rakennettu paljon telakan olemassaolon aikana. Helsingin telakka on varsin vanha kompleks, sillä se aloitti toimintansa jo vuonna 1865. Kuvassa 1 esitellään lentokuva telakka-alueesta vuodelta 1926. [1.]

Arctech Helsinki Shipyard Oy on venäjän valtion omistaman United Shipbuilding Corporationin (OSK) tytäryhtiö. Yritys perustettiin joulukuussa 2010, kun OSK osti sen STX Finland Cruise Oy:ltä. Arctech aloitti toimintansa 1.4.2011. Tällä hetkellä Arctech työllistää noin 1400 henkilöä, joista vajaa puolet ovat Arctechin palveluksessa, loppujen ollessa alihankkijoita. [1.]



Lentokuva laitoksesta 1926 (huomaa silloiset Munkkisaarensalmen jäännökset).

Kuva 1. Lentokuva Helsingin telakasta, kuva otettu 1926 [20].

Insinööriyön aiheena on tehdä Helsingin telakalle toimiva ja moderni sähkölaitteistojen hoito- ja kunnossapito-ohjelma. Ohjelmalle on suuri tarve, sillä Helsingin telakalla ei ole ollut nykyisessä omistussuhteessa käytössä järjestelmällistä ja kattavaa kunnossapito-ohjelmaa sähkölaitteistoille. Tällä hetkellä telakalla on käytössä Arttur-niminen kunnossapito-ohjelmisto. Ohjelmisto on vanha ja vaikeakäyttöinen, minkä lisäksi ohjelmistoon ei ole syötetty läheskään kaikkia sähköjärjestelmiä ja niiden vaatimia toimenpiteitä.

Helsingin telakan erikoisuutena ja samalla myös haasteena on sen vanha ikä. Osa sähköjärjestelmistä on useita vuosikymmeniä vanhoja, kun taas osa on jo ehditty uusiksi edellisen kymmenen vuoden sisällä. Suurin haaste ohjelman luomisessa on oikeiden sähkökuvien löytäminen. Joidenkin rakennuksien sähkökuvia ei ole saatavilla, ja toisaalta joidenkin kuvien vanhasta iästä johtuen kaikkia tehtyjä muutoksia ei niistä välttämättä löydy.

Kunnossapito-ohjelmaa varten tarvitsee selvittää telakan sähköjakelun rakenne ja tutustua telakan sähkötiloihin ja -laitteistoihin. Tämän jälkeen voidaan tarkastella, mitä vaatimuksia sähköturvallisuuslaki asettaa kunkin tilan ja laitteiston huollolle ja kunnossapidolle. Työssä tullaan soveltamaan runsaasti Turvallisuus- ja kemikaaliviraston sekä Sähkötieto ry:n julkaisemia ohjeistuksia sähkölaitteistojen huollosta, hoidosta ja kunnossapidosta. Työssä myös esitellään yleisesti ohjeita kunnossapito-ohjelman laatimiseen ja sen rakenteeseen liittyen. Kunnossapito-ohjelmaan sisällytettäviä sähköjärjestelmiä ovat muuntamot, ryhmä- ja jakokeskukset, poistumisvalaistusjärjestelmät, paloilmoitinjärjestelmät, akustot, ATEX-tilojen sähkölaitteet sekä valaistus.

Työn aikana on tarkoitus luoda tila- ja laitteistokohtaiset huolto- ja kunnossapitokortit, tarkastuspöytäkirjat, huolto-ohjeet sekä kaikkien sähkölaitteistojen yhteinen seurantaohjelma. Nämä dokumentit yhdessä muodostavat telakan sähkölaitteistojen hoito- ja kunnossapito-ohjelman, jonka avulla voidaan järjestelmällisesti seurata sähkölaitteistojen hoidon ja kunnossapidon edistymistä. Lopuksi nämä dokumentit ladataan telakan kunnossapidon projektihakemistoon, josta löytyy myös muita piirustuksia rakennusten pohjakuvista keskusten piirikaavioihin. Näin kaikki kunnossapitoa koskevat dokumentit löytyvät helposti yhdestä paikasta. Ohjelma tullaan tulostamaan myös paperiversiona kansioihin tallennettavaksi.

2 Sähköturvallisuuslaki

Uusi sähköturvallisuuslaki (1135/2016) vahvistettiin 16.12.2016, ja se astui voimaan 1.1.2017. Uusi laki on laajempi kuin edeltäjänsä ja yhdistää monia osa-alueita vanhoista kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksistä. Esimerkiksi sähkölaitteistojen luokitukset ja määräaikaistarkastuksia koskevat vaatimukset on nykyään kirjattu suoraan tähän lakiin. Sähkölaitteistojen kunnossapidosta huolehtiminen on näin yhä vahvemmin yhteydessä suoraan sähköturvallisuuslakiin.

Sähköturvallisuuslain tarkoituksena on varmistaa sähkölaitteen ja -laitteiston turvallinen käyttö sekä estää käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset. Lisäksi lain tarkoituksena on turvata laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen ihmisen oikeudet sekä taata sähkölaitteiden vapaa liikkuvuus ja vaatimustenmukaisuus. [2, s. 1.]

Sähköturvallisuuslain 6. §:n mukaan sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava, korjattava, käytettävä ja huollettava siten, että niiden toiminnasta ei aiheudu vaaraa kenenkään omaisuudelle, terveydelle tai hengelle. Ne eivät myöskään saa aiheuttaa kohtuuttomia sähköisiä tai sähkömagneettisia häiriöitä tai häiriintyä helposti kyseisistä ilmiöistä. [2, s. 5.]

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että edellä mainitut laitteiston sähköturvallisuuteen ja käytön häiriöttömyyteen liittyvät seikat tulevat hoidetuksi. Käytännössä ainut tapa huolehtia näistä velvoitteista on varmistaa sähkölaitteistojen toimivuus ja turvallisuus säännöllisillä tai jatkuvilla aistinvaraisilla katselmuksilla sekä joissakin tapauksissa erinäisin mittauksin ja testauksin. Laitteiston haltijan on myös huolehdittava siitä, että laitteistossa ilmenevät puutteet ja viat korjataan riittävän nopeasti. Paras tapa näiden sähköturvallisuuslain vaatimusten täyttämiseen on hyvin toteutettu hoito- ja kunnossapito-ohjelma.

Sähkölaitteistojen luokitukset

Sähköturvallisuuslain 44. §:ssä sähkölaitteistot on jaettu niiden varmennus- ja määräaikaistarkastusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten osalta sähköluokkiin, jotka ovat 1a, 1b, 2c, 2d ja 3c. [2, s. 16.]

Sähtköturvallisuuslain 48. §:n mukaan luokkien 2 ja 3 sähtkölaitteistoille on laadittava sähtköturvallisuutta ylläpitävä kunnossapito-ohjelma. Sähtkölaitteiston haltijan on huolehdittava kunnossapito-ohjelman noudattamisesta. Muiden sähtkölaitteistojen osalta ohjelma voidaan korvata laitteiden ja laitteistojen käyttö- ja huolto-ohjeilla. [2, s. 17.]

Sähtkölaitteistojen luokat on määritetty seuraavalla tavalla:

Luokka 1a Sähtkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa. Asuinrakennuksessa voi olla myös muita kuin asumiseen kuuluvia tiloja.

Luokka 1b Muun kuin asuinrakennuksen sähtkölaitteisto, jota suojaavan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 A ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3. Laitteisto kattaa koko liittymän tai kiinteistön.

Luokka 2c Sähtkölaitteistot, joihin kuuluu yli 1000 V:n nimellisjännitteisiä osia. Tähän luokkaan kuuluu yli 1000 V:n nimellisjännitteellä toimivien laitteistojen lisäksi kiinteistön muu sisäinen jakeluverkko ja myös enintään 1000 V:n nimellisjännitteellä toimivat saman haltijan sähtkölaitteistot, jos ne sijaitsevat samassa kiinteistössä tai yhtenäisessä kiinteistöryhmässä.

Luokka 2d Enintään 1000 V:n sähtkölaitteisto, jonka liittymisteho on yli 1600 kVA.

Luokka 3c Sähtkönjakeluverkko, joka edellyttää sähtköverkkolupaa. Verkonhaltijan verkoilla tarkoitetaan kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän ulkopuolisia jakelu- ja siirtoverkkoja. [3, s. 2.]

Huomattavaa on, että sähtkölaitteistoluokitusta ei sovelleta hissien, ilma-alusten, viestintäverkkojen eikä maa- ja vesikulkuneuvojen sähtkölaitteistoihin. [2, s. 16.]

3 Sähkölaitteistojen tarkastukset

3.1 Käyttöönottotarkastus

Käyttöönottotarkastus on pakollista tehdä ennen kuin sähkölaitteisto otetaan käyttöön. Käyttöönottotarkastus on pakollinen myös laitteiston muutos- ja laajennustöille. Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Laitteiston käyttöönottona ei siis pidetä valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeellisia laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa. Vastuu käyttöönottotarkastuksesta kuuluu laitteiston rakentajalle, ellei rakentaja ole laiminlyönyt velvollisuuksiaan tai estynyt huolehtimaan niistä. Muutoin sähkölaitteiston haltijan on vastattava myös käyttöönottotarkastuksesta. [2, s. 15.]

Käyttöönottotarkastuksesta on laadittava tarkastuspöytäkirja, joka annetaan laitteiston haltijan käyttöön. Tarkastuspöytäkirjaa ei kuitenkaan edellytetä vähäisiksi katsottavista töistä. Näiksi töiksi luetaan

- sähköalan työt, joista voi aiheutua vain vähäistä vaaraa tai häiriöitä
- nimellisjännitteeltään enintään 50 V:n vaihtojännitteisten tai 120 V:n tasajännitteisten sähkölaitteistojen asennustyöt
- yksittäisten komponenttien tai osien lisäyksistä tai näihin verrattavista olevista toimenpiteistä
- yksittäisten kojeiden syöttöön liittyvät muutostyöt nimellisjännitteeltään enintään 1000 V:iin saakka
- nimellisjännitteeltään enintään 1000 V:in kytkinlaitoksiin kohdistuvat muutostyöt, joissa kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta
- sellaisen tilapäislaitteiston asennus, joka on koottu standardien mukaisista työmaakeskuksista. [4, s. 2.]

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta on käytävä ilmi kohteen yksilöintitiedot, laitteiston rakentajan ja sähkötöiden johtajan yhteystiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, sovelletut standardit, selvitys mahdollisista standardien poikkeamisista sähköturvallisuuslain 34. §:n mukaisesti, yleiskuvaus käytetyistä tarkastusmenetelmistä sekä tarkastusten ja testauksien tulokset. Tarkastuksen tekijän on varmennettava tarkastuspöytäkirja luotettavalla tavalla esim. allekirjoituksella. [4, s. 1.]

3.2 Varmennustarkastus

Käyttöönottotarkastuksen lisäksi luokan 1, 2 tai 3 sähkölaitteistoille on tehtävä varmennustarkastus ennen sähkölaitteiston ottamista varsinaiseen käyttötarkoitukseensa tai määritellyn ajan kuluessa sen jälkeen [2, s. 16]. Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin toiminta, johon sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa, tai jolloin tila, jossa sähkölaitteisto sijaitsee, otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa [2, s. 15]. Varmennustarkastus on tehtävä viimeistään kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston käyttöönotosta. Verkonhaltijalle rakennetuille sähköverkoille varmennustarkastus on tehtävä rakentamista seuraavan kalenterivuoden kuluessa [4, s. 3].

Varmennustarkastus on pakollista tehdä myös sähkölaitteiston merkittävälle muutos- tai laajennustyölle. Jos kyseessä ei kuitenkaan ole merkittäväksi katsottava muutos- tai laajennustyö, varmennustarkastusta ei edellytetä [4, s. 2]. Tällaisiksi muutos- tai laajennustöiksi luetaan seuraavat sähkötyöt:

- Edellä, valtioneuvoston asetuksessa (1434/2016) määritellyt vähäisiksi katsottavat sähköalan työt.
- Muutos- tai laajennustyöt, jotka kohdistuvat nimellisjännitteeltään enintään 1000 V:n sähkölaitteistoon sekä jonka työalueen ylivirtasuojan nimellis- tai asetteluvirta on enintään 250 A:n tai 35 A:n laitteistoissa, joissa ei vaadita käytön johtajaa.
- Kytkinlaitokseen kohdistuva laajennus- tai muutostyö, jonka aikana kytkinlaitoksen nimellisarvoja ei muuteta. [4, s. 2.]

Edellä olevat sähköalan työt luetaan kuitenkin merkittäväksi katsottaviksi muutos- tai laajennustöiksi, jos työn kohteena oleva sähkölaitteisto sijaitsee

- valtioneuvoston asetuksessa (576/2003) liitteessä 1 tarkoitettujen tilaluokien 0,1, 20 tai 21 mukaisissa räjähdysvaarallisissa tiloissa
- räjähteiden valmistustiloissa
- sairaaloiden ja lääkäriasemien leikkaussaleissa. [4, s. 2.]

Näihin erikoistiloissa oleviin sähkölaitteistoihin katsotaan kuuluvan myös tilojen ulkopuolella sijaitsevat sähkölaitteistot, joiden suojausjärjestelmät liittyvät välittömästi tilojen sisällä oleviin sähkölaitteistoihin [4, s. 2]. Näissä tiloissa sijaitseville sähkölaitteistoille on

tehtävä varmennustarkastus ennen tilojen ottamista varsinaiseen käyttötarkoitukseensa [4, s. 3].

Varmennustarkastuksen suorittaja, sisältö ja dokumentointi

Varmennustarkastuksen suorittaa valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. Tarkastajien on oltava Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) valtuuttamia sähköalan ammattilaisia. Tukes myöntää pätevidyille tarkastajille määräaikaisen valtuutuksen toimia tarkastajana tai tarkastuslaitoksena. [5, s. 1.]

Varmennustarkastuksessa varmistetaan riittävän laajasti pistokokein ja muilla menetelmillä, että laitteisto täyttää sille asetetut sähköturvallisuuteen liittyvät tavoitteet ja että laitteistolle on suoritettu käyttöönottotarkastus. [5, s. 3.]

Sähkölaitteiston haltijalle on laadittava tarkastustodistus varmennustarkastuksen tekijän toimesta. Laitteiston haltijan on säilytettävä tarkastustodistus vähintään kymmenen vuotta. Tarkastustodistuksesta on käytävä ilmi kohteen yksilöintitiedot, tarkastusmenetelmät, tarkastuksessa havaitut puutteet sekä selvitykset laitteistoa koskevien säännösten ja määräysten mukaisuudesta. Lisäksi tarkastajan on kiinnitettävä tarkastustarra tarkastettuun kohteeseen. Tarrasta täytyy käydä ilmi varmennustarkastuksen tekijä, tarkastusajankohta sekä tarvittaessa seuraavan määräaikaistarkastuksen ajankohta. [5, s. 3.]

3.3 Määräaikaistarkastus

Määräaikaistarkastuksien tarkoituksena on valvoa, että sähkölaitteiston haltija ylläpitää laitteiston sähköturvallisuutta noudattamalla käyttö- ja huolto-ohjeita sekä hoito- ja kunnossapito-ohjelmaa. Myös määräaikaistarkastukset perustuvat sähköturvallisuuslakiin (1135/2016) ja määräaikaistarkastuksen suorittajat ovat virallisesti Tukesin valtuuttamia, kolmannen osapuolen sähköalan ammattilaisia.

Määräaikaistarkastus on tehtävä asuinrakennuksia lukuun ottamatta luokan 1 ja 2 sähkölaitteistolle kymmenen vuoden välein. Jos asuinrakennuksen osana on muita kuin pääasiassa asumista palvelevia tiloja, joiden suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisteho on yli 35 A, on näiden tilojen sähkölaitteistoille tehtävä määräaikaistarkastus kym-

menen vuoden välein. Luokan 3 sähkölaitteistoille määräaikaistarkastus on tehtävä viiden vuoden välein. Sähkölaitteiston haltija vastaa siitä, että määräaikaistarkastukset tulevat tehdyksi. [2, s. 17.]

Määräaikaistarkastuksen sisältö ja dokumentointi

Määräaikaistarkastuksessa tulee riittävässä laajuudessa pistokokein tai muilla tavoin varmistua siitä, että

- sähkölaitteiston käyttö on turvallista, kunnossapito on riittävää turvallisuuden ylläpitämiseksi ja laitteistolle on tehty kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet
- sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat saatavilla
- sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat. [2, s. 17.]

Määräaikaistarkastukseen on aina sisällytettävä kohteessa mahdollisesti olevat lääkin-
tätilat, räjähdysvaaralliset tilat ja palovaaralliset tilat [2, s. 17].

Sähkölaitteiston haltijalle on laadittava tarkastuspöytäkirja, josta täytyy selvittää tarkastusta koskevat tiedot ja havaitut sähköturvallisuuteen liittyvät puutteet. Laitteiston haltijan on säilytettävä tarkastuspöytäkirja sekä osoitus pöytäkirjassa mainittujen puutteiden korjaamisesta vähintään seuraavaan määräaikaistarkastukseen saakka. [2, s. 18.]

Lisäksi tarkastuksesta on teetettävä tarkastustarra, joka kiinnitetään tarkastettuun kohteeseen näkyvälle paikalle ja josta tulee käydä ilmi tarkastuksen tekijä, tehdyn tarkastuksen ja seuraavan määräaikaistarkastuksen ajankohta [4, s. 3].

3.4 Muut tarkastukset

Muita hoito- ja kunnossapito-ohjelmaan sisällytettäviä tarkastuksia ovat muuntamoiden sähkölaitteistojen seuranta- ja kunnossapitotarkastukset sekä muiden järjestelmien erinäiset tarkastukset.

Seurantatarkastukset ovat hoito- ja kunnossapito-ohjelmaan sisältyviä, muuntamoiden tiloihin ja laitteistoihin kohdistuvia visuaalisia tarkastuksia. Seurantatarkastukset suoritetaan kerran kolmessa vuodessa. Sähköturvallisuuslaki määrää, että sähkölaitteistoissa havaitut viat ja puutteet korjataan viipymättä. Seurantatarkastuksien tarkoituksena on tämän ehdon täyttyminen.

Kunnossapitotarkastuksissa tavoitteena on suorittaa kattavampi tarkastus laitteistoille ja samalla suorittaa niihin kohdistuvia kunnossapitotoimenpiteitä. Kunnossapitotarkastukset suoritetaan muuntamoiden sähkölaitteistoille kolmen vuoden välein ja kaikille telakan ryhmä- ja jakokeskuksille viiden vuoden välein. Muuntamoiden kunnossapitotarkastukset suoritetaan aina siten, että seuranta- ja kunnossapitotarkastuksien väli on 1,5 vuotta.

Kaikki tarkastustoimenpiteet esitellään tarkemmin luvussa 6.

4 Sähkötöiden ja käytön johtaja

4.1 Sähkötöiden johtaja

Toiminnanharjoittajan on nimettävä sähkötöitä varten sähkötöiden johtaja ennen toiminnan aloittamista. Uusi sähkötöiden johtaja on nimettävä kolmen kuukauden kuluessa siitä, kun edellinen johtaja vaihtuu tai on estynyt hoitamasta tehtäväänsä muun kuin lyhytaikaisen poissaolon vuoksi. [2, s. 20.]

Sähkötöiden johtajan tulee olla toiminnanharjoittaja tai tällaista toimintaa harjoittavan palveluksessa. Sama henkilö saa olla nimettynä enintään kolmen toiminnanharjoittajan sähkötöiden johtajaksi samanaikaisesti. Sähkötöiden johtajalle täytyy antaa riittävät mahdollisuudet johtaa ja valvoa sähkötöitä sekä antaa mahdollisuus huolehtia tehtävästään. Sähkötöiden johtajan on tunnettava sähköturvallisuutta koskevat vaatimukset ja ylläpidettävä ammattitaitoaan. [2, s. 20.]

Vain sähkötöiden johtajan luvalla telakalla saadaan suorittaa hoitoon ja kunnossapitoon liittyviä sähkötöitä. Sähkötöiden johtaja vastaa siitä, että seuraavat vaatimukset täyttyvät sähkötöitä tehdessä:

- Sähkötöissä noudatetaan sähköturvallisuuslakia.

- Sähkölaitteet ja -laitteistot ovat tämän lain edellyttämässä kunnossa ennen käyttöönottoa tai luovuttamista.
- Sähkötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävän opastettuja tehtäviinsä. [2, s. 20.]

4.2 Käytön johtaja

Sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käyttötöitä varten käytön johtaja, jos:

- Sähkölaitteistoon kuuluu yli 1000 V:n nimellijännitteisiä osia, lukuun ottamatta enintään 1000 V:n nimellijännitteellä syötettyjä yli 1000 V:n sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja.
- Sähkölaitteiston liittymisteho on yli 1600 kVA. Liittymisteholla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa. [2, s. 21.]

Sähkölaitteiston haltijan on nimettävä käytön johtaja ja tehtävä ilmoitus sähkölaitteistosta ja sen käytön johtajasta sähköturvallisuusviranomaiselle kolmen kuukauden kuluessa sähkölaitteiston käyttöönotosta. Myös sähkölaitteistoon ja käytön johtajaan kohdistuvista oleellisista muutoksista on tehtävä ilmoitus kuukauden sisällä. Uusi käytön johtaja on nimettävä kolmen kuukauden kuluessa siitä, kun käytön johtaja vaihtuu tai on estynyt pitempiaikaisesti hoitamasta tehtävänsä. [2, s. 21.]

Jos käytön johtajan nimeämisen vaatimukset toteutuvat, on käytön johtaja nimettävä koko sähkölaitteistolle, myös alle 1000 V:n pienjännitteisille osuuksille. Sähkölaitteiston käytön johtajuus voidaan kuitenkin jakaa pienempiin osiin useammalle henkilölle. Esimerkiksi suurjännitteisille ja pienjännitteisille laitteistoille voidaan nimetä eri käytön johtajat. [6.]

Käytön johtajan tulee olla itse sähkölaitteiston haltija, tämän palveluksessa tai toimia sellaisen yhteisön palveluksessa, joka on tehnyt sähkölaitteiston haltijan kanssa sähkölaitteistoa koskevan kunnossapitosopimuksen. Jos sähkölaitteistoon kuuluu enintään kolme nimellijännitteeltään enintään 20 kV:n muuntamoaa tai muuntamoon rinnastettavaa erillistä yli 1000 V:n nimellijännitteistä kytkinlaitosta, ei käytön johtajaa kuitenkaan velvoiteta olemaan sähkölaitteiston haltijan palveluksessa. [2, s. 21.]

Käytön johtajan on oltava kykenevä tekemään päätöksiä sähkölaitteiden käyttötöitä koskevista asioista ja tunnettava sähköturvallisuuksiin koskevat vaatimukset. Käytön johtaja vastaa siitä, että

- sähkölaitteiston käytössä ja huollossa noudatetaan sähköturvallisuuksilakia
- sähkölaitteisto on lain edellyttämässä kunnossa käytön aikana
- käyttötöitä tekevät henkilöt ovat ammattitaitoisia ja riittävästi koulutetut tehtäviinsä. [2, s. 21.]

Käytännössä käytön johtaja huolehtii tai valvoo sähkölaitteiston haltijan puolesta sähköturvallisuuksilaissa määritellyistä velvollisuuksista. Käytön johtaja varmistaa, että vaadittava hoito- ja kunnossapito-ohjelma on ajankohtainen ja että sitä noudatetaan.

5 Kunnossapito-ohjelman laadinta

Sähkölaitteiston haltijan tehtävänä on varmistua siitä, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuksilaissa sille asetetut vaatimukset koko laitteiston elinkaaren aikana. Systemaattinen kunnossapito-ohjelma auttaa sähkölaitteiston haltijaa hallitsemaan ja seuraamaan laitteiston hoidon, huollon ja kunnossapidon edistymistä. Kunnossapito-ohjelma tulee laatia kohdekohtaisesti ja sen pitää olla mahdollisimman havainnollinen ja yksiselitteinen.

Kunnossapito-ohjelmaan kuuluu haltijan toimesta tehtävät määräaikaaisesti suoritettavat silmämääräiset ja muut aistinvaraiset katselmukset sekä näihin liittyvät tarvittavat mittaukset, testaukset ja muut toimenpiteet. Myös lakisääteisten määräaikaistarkastuksien ajankohdat täytyy mainita kunnossapito-ohjelmassa.

Kunnossapito-ohjelman tärkeimpänä tavoitteena on ennaltaehkäistä hengenvaarallisia sähkötapaturmia, jotka voivat johtaa sähköiskuun tai tulipaloon. Lisäksi kunnossapito-ohjelmalla voidaan saada merkittäviä kustannussäästöjä mm. pidentämällä laitteiston elinikää, hallitsemalla huoltokustannuksia ja vähentämällä käyttökeskeytyksiä.

5.1 Rakenne

Täydellinen hoito- ja kunnossapito-ohjelma koostuu tehtäväluettelosta toimenpideaikatauluineen, huolto-ohjeista ja -historiasta, säännönmukaisten ja jatkuvien silmämääräisten katselmuksien ohjeista sekä muista hoidon ja kunnossapidon tarvitsemista ohjeistuksista. Dokumentointi voisi olla rakenteeltaan alla olevan mukainen:

- kohteen yleiskuvaus
- hoidon ja kunnossapidon tehtäväluettelo
- hoidon ja kunnossapidon aikataulu ja seurantaohjelma
- hoito-ohjelman aikataulu ja huoltojen sekä säännönmukaisten silmämääräisten katselmusten sekä mittausten ja testausten aikavälit
- hoito- ja kunnossapito-ohjeet, laitetoimittajien huolto-ohjeet
- huoltopäiväkirja ja suoritettut vikakorjaukset
- yhteystiedot
- tarkastuspöytäkirjat, todistukset ja raportit sekä ulkopuolisten että laitteiston haltijan suorittamat tarkastukset ja katselmukset
- menettelytapa tilapäisasennuksissa
- laiteluettelo, huollettavat laitteet
- käyttöön ja hoitoon tarvittavat piirustukset ja kaaviot. [7, s. 2.]

5.2 Tarvetasot

Kunnossapito-ohjelmaa laatiessa kohteisiin pitää huomioida kohteiden eriaisteiset kulutukset ja rasitukset, jotka vaikuttavat suoraan hoidontarpeen suuruuteen. Huoltojaksot sekä hoidon ja kunnossapidon vaativuustasot kannattaa arvioida tapauskohtaisesti erilaisten tekijöiden, kuten ympäristön tai käytön aiheuttaman rasituksen mukaan. Suosituksena onkin jakaa sähkölaitteistot ja niiden osat kolmeen eri tarvetasoon, joita ovat erittäin vaativa (EV), tavanomainen (T) ja kevyt (K) taso. [7, s. 2.]

Erittäin vaativaan tasoon (EV) kuuluvat sähköjärjestelmät

- jotka ovat joko erittäin kuluttavassa käytössä tai vaativissa olosuhteissa

- jotka ovat helposti vioittuvia
- joiden toimimattomuus, virheellinen toiminta vikatilanteissa tai vioittuminen voivat aiheuttaa välitöntä tai suurta vaaraa
- joiden vioittuminen haittaa erittäin merkitsevästi käyttöä
- joiden vioittuminen aiheuttaa merkittäviä keskeytys- taikka muita kustannuksia. [7, s. 2.]

Tavanomaiseen tasoon (T) kuuluvat sähköjärjestelmät

- joiden käyttö on käyttöolosuhteissaan tavanomaista ja jotka eivät vioitu helposti käytössä
- joiden vioittuminen ei aiheuta välitöntä tai suurta vaaraa
- joiden vioittuminen ei merkittävästi haittaa käyttöä. [7, s. 3.]

Kevyeen tasoon (K) kuuluvat sähköjärjestelmät

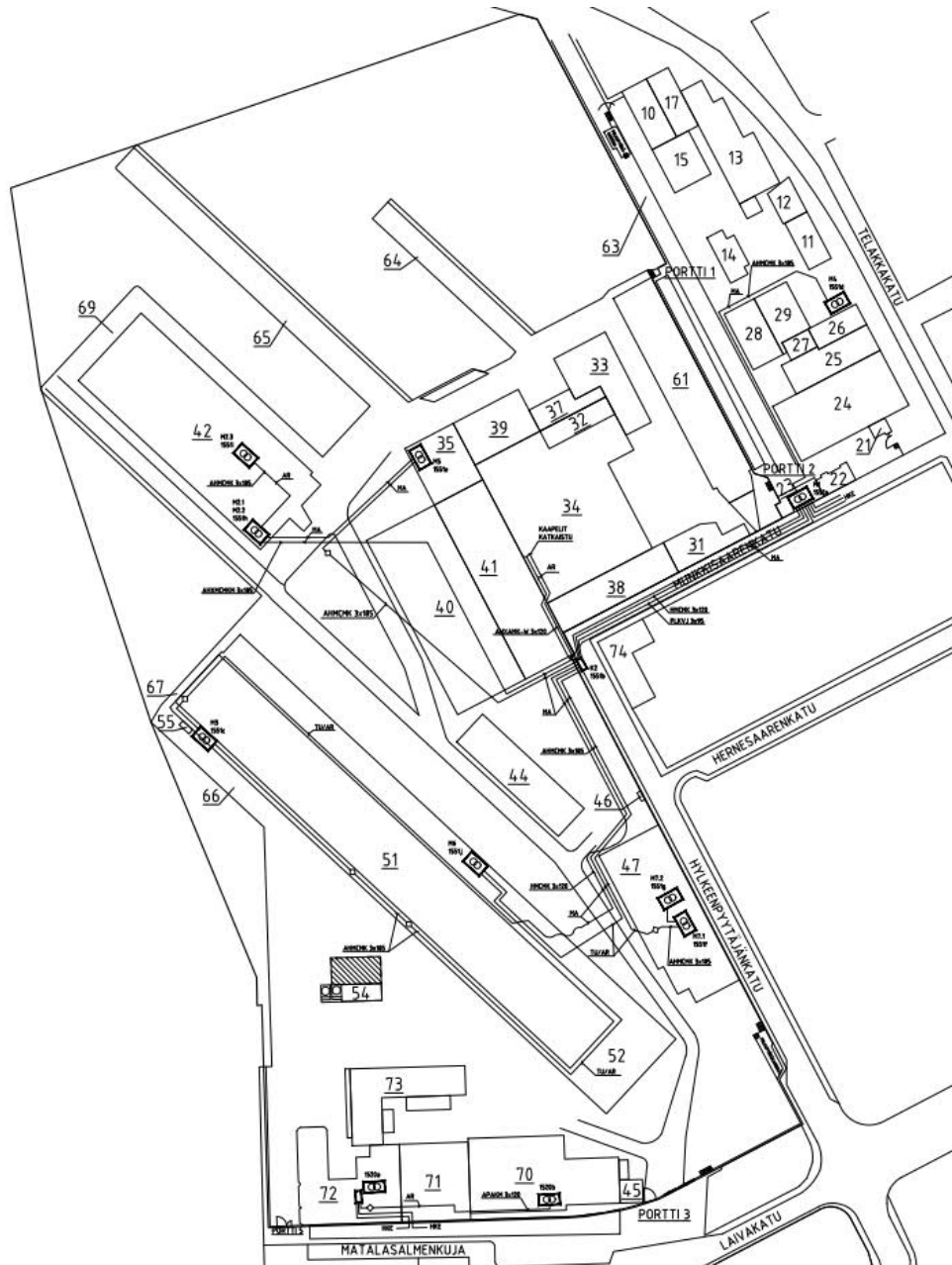
- joiden kulumisen käytössä on vähäistä ja joiden vioittumisella ei ole juurikaan merkitystä turvallisuuden kannalta
- joiden vioittumisella ei ole suurta merkitystä käytön tai kustannusten kannalta. [7, s. 3.]

Hoidon ja kunnossapidon määrävälit määräytyvät laitteiston tarvetason mukaan. Sähkölaitteiston haltija määrittelee mille tarvetasolle mikäkin laitteiston osa kuuluu. Kunnossapito-ohjelman laatija voi sähköalan ammattilaisena antaa neuvoja määrävälien ja tarvetasojen valinnassa. [7, s. 3.]

6 Hoito- ja kunnossapito-ohjelma Helsingin telakalle

Helsingin telakka saa sähkönsä Helsingin Energian verkosta viiden eri muuntamon kautta. Helsingin energian syöttökaapelin ja telakan pääjakelun jännitetaso on 10 kV. Helsingin telakka jakaantuu kahteen aidattuun alueeseen, joista toinen (kanta-alue) saa syöttönsä yhden päämuuntamon ja yhden pienemmän muuntamon kautta ja toinen, etelän puoleinen alue saa syöttönsä kolmesta eri muuntamosta. Kummankin alueen sähköjakelu on toteutettu rengasverkolla, joten yhden jakelulinjan katketessa pystytään vielä normaalia toimintaa telakalla jatkamaan. Vuonna 2020 etelän puoleinen alue siirtyy

Helsingin kaupungille ja sen toiminnot siirretään kanta-alueelle. Tämän takia kunnossapito-ohjelmassa keskitytään laajemmin vain kanta-alueen järjestelmiin. Kanta-alue on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Helsingin telakan kanta-alue.

Kunnossapito-ohjelma koostuu yksittäisistä tarkastuspöytäkirjoista, kunnossapidon seurantaohjelmasta, huoltotoimenpiteiden ohjeistuksista, huoltopäiväkirjoista ja mittauspöytäkirjoista. Tarkastuspöytäkirjat luodaan jokaiselle ohjelmaan kuuluvalla kohteella ja järjestelmälle. Pöytäkirjassa lukee kaikki kohteessa suoritettavat eri toimenpiteet ja niiden

kuvaukset. Ohjelmassa tullaan myös esittämään yksityiskohtaisesti kaikki ne järjestelmät, joiden huolto- ja kunnossapitotoimenpiteet tilataan ulkopuoliselta urakoitsijalta. Kaikki alihankintana saadut huolto- ja tarkastusraportit tallennetaan liitteiksi kunnossapidon projektinohjaushakemistoon.

Excel-pohjaisen seurantaohjelman avulla pystytään seuraamaan huollon ja kunnossapidon edistymistä järjestelmäkohtaisesti. Seurantaohjelmassa esitetään kaikki suoritettavat toimenpiteet sekä niiden aikataulut ja suorittajat. Jokaiselle toimenpiteelle on oma korttinumero, joka on linkitetty suoraan projektinohjaushakemistosta löytyvälle oikealle dokumenttikortille. Jokaiselle vuodelle on luotuna oma sarake. Aikataulut ilmoitetaan sarakkeiden soluissa kuukausina (01–12). Kuittaus suoritetusta toimenpiteestä tapahtuu värjäämällä solu vihreäksi. Liitteenä 1 löytyy esimerkkikuva joidenkin muuntamoiden seurantaohjelmasta.

6.1 Muuntamot

Muuntamoksi katsotaan yhden tai useamman muuntajan tai yli 1000 V:n nimellisjännitteisen kytkinlaitoksen muodostama kokonaisuus, joka on samassa tai välittömästi toisiinsa liittyvissä tiloissa [3, s. 2]. Välittömästi toisiinsa liittyvällä tilalla tarkoitetaan esimerkiksi seinien tai kapeiden välitilojen toisistaan erottamia tiloja. Yleisesti muuntamo koostuu kolmesta eri kokonaisuudesta, jotka ovat

- keskijännitekojeisto, joka toimii muuntajien syöttö- ja suojausasemana
- muuntaja tai muuntajat, jotka muuntavat keskijännitteen pienjännitteeksi
- pienjännitekojeisto eli pääkeskus, joka toimii oman alueensa pääjakelun ylimpänä portaana.

Riippuen muuntamosta nämä kaikki kolme kokonaisuutta voivat olla joko välittömästi toisiinsa liittyvissä eri tiloissa tai vaihtoehtoisesti esim. muuntajat voivat olla samassa tilassa keskijännitekytkinlaitoksen kanssa omissa, aidatuissa alueissaan.

Muuntamoissa sijaitsevat sähkölaitteistot lasketaan luokan 2c sähkölaitteistoiksi, jolloin sähköturvallisuuslain mukaan näille laitteistoille on luotava koko laitteiston kattava hoito- ja kunnossapito-ohjelma sekä teetätettävä määräaikaistarkastus 10 vuoden välein. Näitä

luokan 2c laitteistoja muuntamoissa ovat keskijännitekojeistot, pääkeskukset ja muuntajat sekä mahdollinen loistehon kompensointilaitteisto.

Telakan oma kunnossapito-osasto vastaa seurantatarkastuksien ja lämpökuvauksien suorittamisesta. Muuntamoiden kunnossapitotarkastukset, öljyanalyysit, siivoukset sekä maadoitusmittaukset suorittaa ulkopuolinen urakoitsija. Määräaikaistarkastuksen suorittaja on valtuutettu tarkastaja.

6.1.1 Muuntamoiden seurantatarkastukset

Muuntamoiden kuntoa ja toimintaa seurataan säännöllisillä seurantatarkastuksilla, jotka suoritetaan kohteisiin kolmen vuoden välein. Seurantatarkastuksiin kuuluvat seuraavat tarkastukset ja toimenpiteet:

- Tarkastetaan pintapuolisesti jokaisen tilan puhtaus ja siisteys. Tarvittaessa siivotaan tai puhdistetaan tila. Pääkeskuksen, kojeiston tai muuntajan edessä ei saa säilyttää mitään tavaroita.
- Varmistetaan, että tilaan pääsy on sivullisilta kielletty. Varmistetaan, että tahaton pääsy sähkölaitteistojen jännitteisiin osiin on estetty puomeilla, aidoilla tai koteloinnilla. Varmistetaan tilan ovien lukitukset.
- Tarkastetaan valaistuksen toimivuus ja riittävyys silmämääräisesti. Tarvittaessa vaihdetaan lamput ja sytyttimet.
- Tarkastetaan tilan lämpötila sekä kosteusprosentti ja kirjataan arvot pöytäkirjaan.
- Varmistetaan ilmanvaihdon riittävyys. Tarkastetaan ilmanvaihdon suodattimet ja tarvittaessa vaihdetaan ne.
- Varmistetaan, että muuntamosta löytyy varusteluettelon (liite 2) mukaiset varusteet ja kyltit.
- Muuntamotilojen ovissa ja sähkökeskuksissa on oltava varoituskyltti hengenvaarasta.
- Tarkastetaan silmämääräisesti tukieristimien, kaapeliläpivientien ja -päätteiden kunto sekä puhtaus. Varmistetaan kaapelien kiinnitys silmämääräisesti.
- SF6-eristeisistä kojeistoista tarkastetaan SF6-kaasun määrä ja paine ja kirjataan arvot pöytäkirjaan.

Muuntajatilojen seurantatarkastuksiin sisällytetään myös paisuntasäiliöllisiin öljymuuntajiin kohdistuvat tarkastustoimenpiteet, jotka ovat seuraavat:

- Tarkastetaan öljyn määrä paisuntasäiliön osoittimesta ja kirjataan arvot ylös.
- Tarkastetaan öljyn lämpötila muuntajassa olevasta lämpötila-anturista ja kirjataan arvot ylös.
- Varmistetaan paisuntasäiliön ympäristöstä, ettei öljyvetoja ole. Mahdollisten vuotojen syy on selvitettävä välittömästi.
- Tarkastetaan ilmankuivaimen kunto. Jos ilmankuivaimen pelletit ovat selvästi värjäytyneet kosteuden vaikutuksesta yli 2/3 matkalta, mallista riippuen pelletit tai koko ilmankuivain on vaihdettava.

Esimerkki muuntamon seurantatarkastuksen pöytäkirjasta löytyy liitteestä 3.

6.1.2 Keskijännitekojeistojen kunnossapitotarkastukset

Keskijännitekojeistoja käytetään 10 kV:n pääjakelun ohjaukseen ja suojaamiseen. Kojeistoja telakalla on käytössä kolmenlaisia; koteloituja kojeistoja, SF₆-eristeisiä kojeistoja sekä yksi avorakenteinen sisäkojeisto. Koteloidussa kojeistossa kiskostot ja toimilaitteet ovat joko metallisen tai eristeaineisen kotelon sisällä (kuva 3). Eristeaineena toimii ilma.



Kuva 3. Esimerkki koteloidusta kojeistosta.

Avokojeistossa (kuva 4) ei nimensä mukaisesti ole kotelointia vaan toimilaitteet ovat avonaisessa rakenteessa. Eristeaineena toimii ilma. Avorakenteisuuden johdosta kojeisto vaatii hyvin paljon tilaa suhteessa koteloituihin ratkaisuihin eikä täten ole useinkaan taloudellisesti kannattava ratkaisu uusissa keskijännitekytkinlaitoksissa.



Kuva 4. Päämuuntamon avokojeiston yksi kenno.

SF6-kojeistot ovat koteloituja kojeistoja, joiden eristeaineena toimii rikkiheksafluoridi (SF6). Kuvassa 5 on esimerkki SF6-kojeistosta. SF6 on elektronegatiivinen kaasu, jonka dielektrinen kestoisuus on noin kolme kertaa suurempi kuin ilman. Se on palamaton, myrkytön, hajuton, kemiallisesti passiivinen sekä omaa noin 3–4 kertaa ilmaa paremman valokaaren sammutuskyvyn. SF6-eristeisten kojeistojen etuja ovat vähäinen tilantarve, korkea käyttövarmuus, varma kosketussuoja, alhainen huollon tarve, pitkä käyttöikä ja kevyt rakenne. [8, s. 5.]



Kuva 5. Esimerkki SF6-eristeisestä kojeistosta.

Kojeistojen erottimet ja katkaisijat

Erottimen tehtävänä on muodostaa turvallinen avausväli erotettavan virtapiirin ja muun laitoksen välille. Erottimen on pystyttävä suljettuna johtamaan kaikki virtapiirissä esiintyvät kuormitus- ja oikosulkuvirrat vaurioitumatta, avautumatta tai liiaksi lämpenemättä. Erotinta ei ole tarkoitettu kuormitetun virtapiirin avaamiseen tai sulkemiseen, joten erottimen operointi on pääsääntöisesti sallittu vain jännitteettömänä. Erottimen operointi tapahtuu käsi-, moottori- tai paineilmaohjattuna. [9, s. 14.]

Kuormanerotin (kuva 6) on erikoisrakenteinen erotin, joka pystyy katkaisemaan myös tietyn kuormitusvirran ja kytkemään pienehkön oikosulkuvirran. Kuormanerotinta käytetään erottamaan kuormitusvirrallisia verkon osia toisistaan. [9, s. 14.]



Kuva 6. Kuormanerotin.

Varokekuormanerotin (kuva 7) on vapaalaukaisulaiteella ja sulakkeilla varustettu kuormanerotin. Yhdenkin sulakkeen palaessa laukaisulaite ohjaa kuormanerotin auki-asentoon. Varokekuormanerotinta käytetään yleisimmin jakelumuuntamoissa katkaisijan korvaavana kytkinlaitteena. [9, s. 14.]



Kuva 7. Varokekuormanerotin. Sulakkeet näkyvät alareunassa.

Katkaisijan tehtävänä on pystyä katkaisemaan vaaraa aiheuttamatta virtapiirissä esiintyvä suurin oikosulkuvirta ja kytkemään nimellisjännitteinen virtapiiri oikosulkuun. Katkaisun on tapahduttava siten, että muulle syöttöverkolle aiheutuu mahdollisimman vähän häiriöitä, eikä katkaisija saa vioittua. Katkaisijat voivat toimia manuaalisesti tai automaattisesti. [9, s. 13.]

Katkaisijat voivat toimia sekä käsin ohjattuina että automaattisesti. Tavallisin automaattinen avautuminen on ylivirran (esim. oikosulku- tai maasulkuvirran) takia. Avautumiskäskyn antaa katkaisijalle tällöin mittamuuntajien avulla virtapiiriin kytketty rele (kuvassa 8 esimerkki). Myös releen sulkeutuminen voidaan automatisoida esim. jälleenkytkentä-releistyksen avulla. [10, s. 163.]



Kuva 8. Esimerkki suojareleestä.

Katkaistaessa virtapiiriä virta ei katkea välittömästi vaan virtapiiri pysyy suljettuna valo-kaaren välityksellä. Valokaari täytyy sammuttaa sitä ympäröivän sammutusväliaineen avulla. Sammutusväliaineen perusteella katkaisijat voidaan ryhmitellä seuraavasti: ilma-katkaisijat, öljykatkaisijat, vähäöljykatkaisijat, paineilmakatkaisijat, SF₆-katkaisijat ja tyhjiökatkaisijat. [9, s. 13.]

Koteloitujen kojeistojen sekä avokoeistojen kunnossapitotarkastukset suoritetaan kolmen vuoden välein. Näissä tarkastuksissa suoritetaan seuraavat toimenpiteet:

- Katkaisijoiden ja erottimien toiminta koestetaan. Samalla suoritetaan mahdollinen uudelleenrasvaus.
- Tarkastetaan ja kiristetään kaikki liitokset, myös maadoituksien osalta. Lisäksi varmistetaan, että korroosiovaurioita ei ole päässyt syntymään.
- Tarkastetaan ovien, saranointien ja koteloinnin kunto. Varmistetaan kosketussuojauksen toteutuminen. Lisäksi mahdollisten kojeistossa sijaitsevien valaisimien toimivuus tarkastetaan.
- Releiden asetteluarvot koestetaan.
- Koko kojeisto puhdistetaan kuivalla liinalla.

SF6-eristeisten kojeistojen suljetusta rakenteesta johtuen niiden huolto vaatii erikoisosaamista. Näiden kojeistojen kunnossapitotarkastus suoritetaan kolmen vuoden välein SF6-kojeistoihin erikoistuneen alihankkijan toimesta.

6.1.3 Muuntajien kunnossapitotarkastukset

Telakan jakelumuuntajina käytetään sekä paisuntasäiliöllisiä öljymuuntajia (kuva 9) että valuhartsieristeisiä kuivamuuntajia, valtaosan näistä ollessa öljymuuntajia. Öljymuuntajissa eristys- ja jäähdytysväliaineena käytetään öljyä.



Kuva 9. Paisuntasäiliöllinen öljymuuntaja.

Valuhartsieristeisissä kuivamuuntajissa (kuva 10) käytetään nimensä mukaisesti eristeaineena hartseja, ilman toimiessa jäähdytysväliaineena.



Kuva 10. Kuivamuuntaja.

Muuntajien kunnossapitotarkastukset suoritetaan kolmen vuoden välein. Niissä muuntajalle tehdään seuraavat toimenpiteet:

- Tarkastetaan ja kiristetään kaikki liitokset, myös maadoituksien osalta. Varmistetaan, että korroosiovaurioita ei ole päässyt syntymään.
- Kiristetään muuntajan kiinnityspultit.
- Koestetaan muuntajan hälytyksien toiminta. Hälytyksiä ovat lämpötilahälytykset sekä mahdollisesti kaasuhälytykset.
- Puhdistetaan muuntaja liasta ja pölystä rätillä. Kuivamuuntajan tapauksessa voidaan lisäksi käämit puhdistaa samalla.
- Tarkastetaan väliottokytkimen toiminta.
- Lisäksi öljymuuntajista tarkastetaan öljyn määrä ja lämpötila sekä varmistetaan, että öljyvuootoja ei ole. Myös ilmankuivaajan kunto tarkastetaan.

6.1.4 Pääkeskusten kunnossapitotarkastukset

Muuntamoissa sijaitsevat 400 V:n pääkeskukset (kuva 11) saavat syöttönsä jakelumuuntajilta. Pääkeskukset toimivat oman alueensa sähkönjakelun ylimpänä portaana, josta sähköä siirretään jako- ja ryhmäkeskuksille. Jos muuntamossa on loistehon kompensointilaitteisto, on sekin liitetty suoraan pääkeskukseen.



Kuva 11. Eräs 400 V:n pääkeskus.

Kolmen vuoden välein pääkeskuksille suoritetaan seuraavat kunnossapitotoimenpiteet:

- Pääkeskuksen kaikki pulttiliitokset tarkastetaan sekä jälkikiristetään, myös maadoituksien osalta.
- Tarkastetaan silmämääräisesti keskuksen katkaisijoiden, sulakkeiden, vikavirtasuojien ja muiden keskuksen komponenttien kunto.
- Puhdistetaan keskus kuivalla liinalla sekä sisä- että ulkopuolelta.
- Tarkastetaan tulppasulakkeiden kiinnitys sekä tarvittaessa kiristetään ne.
- Vikavirtasuojien toiminta tarkastetaan testipainikkeen avulla.
- Katkaisijoiden toiminta koestetaan.

Kojeistojen, muuntajien ja pääkeskusten kunnossapitotarkastuksien pöytäkirjasta löytyy malli liitteestä 4.

6.1.5 Kompensointilaitteiston kunnossapitotarkastukset

Loistehon kompensointilaitteistolla (kuva 12) kompensoidaan loistehoa kuluttavien laitteiden, esim. sähkömoottorien, verkosta ottamaa induktiivista loistehoa ja sitä kautta verkosta otettavaa virtaa. Jakeluverkkoyhtiöt veloittavat yrityksiä niiden kuluttamasta lois- ja pätötehosta. Kompensoimalla loistehoa voidaan pudottaa merkittävästi sähköön meneviä kustannuksia. Kompensoinnilla saadaan myös vähennettyä jakeluverkon häviöitä ja siten parannettua verkon hyötysuhdetta. Kompensointilaitteistona toimii kondensaattoriparisto, jossa säädin ohjaa portaittain kondensaattoriryksiköitä päälle ja pois kompensoinnin tarpeen mukaan.



Kuva 12. Loistehon kompensointilaitteisto.

Kompensointilaitteiston kunnossapitotarkastus suoritetaan kolmen vuoden välein. Mallikuva pöytäkirjasta löytyy liitteestä 5. Kunnossapitotarkastuksessa suoritetaan seuraavat toimenpiteet:

- johdinliitoksien tarkastus ja kiristäminen
- syöttävän keskuksen sulakkeiden tarkastus
- kondensaattoreiden kunnon mittaaminen pihtiampeerimittarilla (jännitteellisenä) tai kapasitanssimittarilla (jännitteettömänä) ja vertaamalla arvoja nimellisiin
- säätimen ja kontaktorien toiminnan koestus
- puhaltimen toiminnan tarkistus ja suodattimien puhdistus tai vaihto
- ilmankierron esteettömyyden varmistaminen
- termostaatin toiminnan ja säätöarvon tarkastaminen. [11.]

6.1.6 Maadoitusmittaukset

Muuntamoiden maadoitusmittaukset sisältävät maadoitusresistanssin sekä maadoituspiirien johtavuuden mittaamisen. Maadoitusmittaukset suoritetaan kymmenen vuoden välein alihankkijan toimesta. Kaikki maadoitusmittaukset suoritetaan laitteiston ollessa jännitteettömänä. Mallikuva maadoitusmittauksien pöytäkirjasta löytyy liitteestä 6.

Maadoitusresistanssi

Maadoitusresistanssi on mitattava aina, kun sille on määrätty suurin sallittu arvo. Tämä arvo määritetään yleensä maasulkuvirran ja maadoitusjännitteen avulla. Tyypillisesti maadoitusresistanssimittauksia joudutaan tekemään seuraavissa kohteissa:

- suurjännite-erottimien suojamaadoitus
- muuntajan suurjännitepuolen suojamaadoitus
- sähköaseman maadoitus
- enintään 1000 V jakeluverkon maadoitus silloin, kun järjestelmä on alttiina yli 1000 V jännitteille
- edellä mainittujen järjestelmien yhteinen maadoitus. [12, s. 1.]

Maadoitusresistanssi mitataan tavallisesti syöttämällä mitattavan maadoituselektrodin kautta virtaa ja mittaamalla tämän jälkeen maadoituselektrodin kautta yli vaikuttava jännite. Virran ja jännitteen avulla voidaan laskea maadoitusresistanssi. Maadoitusresistanssilla tarkoitetaan resistanssia, joka on mitattu maadoitusjohtimesta. Se sisältää maadoitusjohtimen resistanssin sekä resistanssin maadoituselektrodin ja maan neutraalin pisteen välillä. Maadoitusresistanssin arvo on riippuvainen maadoituselektrodin rakenteesta ja maan ominaisresistanssista. [12, s. 2.]

Maadoitusresistanssi mitataan käyttöönoton yhteydessä ja määrääjoin tehtävissä tarkastuksissa. Jos samaa elektrodijärjestelmää on käytetty useiden laitteiden maadoittamiseen erillisten maadoitusjohtimien välityksellä, on riittävää mitata maadoitusresistanssi vain yhdestä maadoitusjohtimesta edellyttäen, että tämän ja muiden maadoitusjohtimien välinen eheys tarkistetaan. [12, s. 1.]

Maadoitusresistanssin mittaamiseen on käytettävissä kaksi eri menetelmää, käänne pistemenetelmä sekä voltti-ampeerimittarimenetelmä. Näitä menetelmiä ei tässä työssä esitellä tarkemmin.

Maadoituksien jatkuvuuden mittaus

Jatkuvuuden mittauksissa varmennetaan, että suojajohdinpiirit ovat jatkuvia ja että niiden liitokset ovat tehty oikeaoppisesti. Arvot mitataan pääpotentiaalintasauksesta jokaiseen tilan ja laitteen maadoitettuun pisteeseen. Hyväksyttävänä mittaustuloksena voidaan pitää alle 1 Ω :n resistanssiarvoja. Tätä isompien lukemien syy on selvitettävä.

6.1.7 Muut muuntamon kunnossapitotoimenpiteet

Muuntajille, keskijännitekojeistoille, pääkeskuksille ja kompensointilaitteistoille suoritetaan lämpökuvaus kerran vuodessa telakan toimesta. Esimerkki muuntamon lämpökuvauksen tarkastuspöytäkirjasta löytyy liitteestä 7. Lämpökuvausta selostetaan tarkemmin kohdassa 7.2.

Kaikki muuntamotilat puhdistetaan ja siivotaan perusteellisesti kerran kolmessa vuodessa. Lattiat imuroidaan ja lakaistaan sekä tilaan kuulumattomat tavarat siivotaan pois. Siivous tilataan alihankintana. Esimerkki siivouksen pöytäkirjasta on liitteessä 8.

Öljymuuntajan öljyn kuntoa tulee seurata säännöllisesti, sillä vuosien saatossa öljyyn pääsee jonkin verran kosteutta ja epäpuhtauksia ilmasta. Öljyanalyysin avulla pystytään ennaltaehkäisemään öljyn kunnon heikkenemisestä johtuvat haittavaikutukset. Muuntajan öljyn näytteenotto ja analyysi suoritetaan kolmen vuoden välein. Öljyanalyysi ostetaan ulkopuoliselta urakoitsijalta. Pöytäkirjamalli on liitteessä 9.

Määräaikaistarkastukset suoritetaan muuntamoissa 10 vuoden välein valtuutetun tarkastuslaitoksen johdosta. On huolehdittava, että määräaikaistarkastuksesta saatavat raportit säilytetään vähintään seuraavaan tarkastukseen saakka. Tarkastustarra on jätettävä laitteistoon näkyvälle paikalle. Mallikuva telakan tarkastuspöytäkirjasta on liitteenä 10.

6.2 Lämpökuvaus

Sähkövirta aiheuttaa kulkemassaan virtapiirissä lämpöhäviöitä. Tämä johtuu virtapiirin sisäisistä resistansseista, jotka kuluttavat sähkötehoa ja lämpenevät suhteessa virran toiseen potenssiin. Virran aiheuttama virtapiirin lämpenemä ympäristöön nähden on täysin normaali ilmiö.

Virtapiirien liitoskohdat voivat kuitenkin muodostua ongelmaksi lämpöhäviöiden kannalta. Huonosti kiristetyissä, löysissä tai likaisissa liitoksissa liitoskohdan resistanssi on suurempi ns. ylimenovastuksen takia. Tämä voi johtaa liitoslämpötilan nousemisen kestämättömän suureksi ja näin liitoksen tai jopa laitteiston tuhoutumiseen tai tulipaloon. Myös vialliset laitteet, väärin mitoitetut komponentit tai vinokuormitus voivat aiheuttaa kohonneita lämpötiloja.

Lämpökuvauksella voidaan tutkia ja ennaltaehkäistä laitteistojen lämpöongelmia. Lämpökamera vastaanottaa kuvauskohteen pinnasta lähtevää lämpösäteilyä. Lämpökamera muuttaa säteilyn lämpötilatiedoksi, josta muodostetaan digitaalinen lämpökuva. [13, s. 4.]

Kuvattavia kohteita ovat muuntajat, keskijännitekojeistot, pää-, ryhmä- ja jakokeskukset sekä akustot, kompensointilaitteistot ja taajuusmuuttajat. Erityisiä kiinnostuksen kohteita näissä kuvissa ovat liitoskohdat, lähdöt, kiskostot, sulakkeet, nollakisko ja -johtimet, kontaktorit, lämpöreleet sekä riviliittimet.

Kuvaamisen jälkeen lämpökuvat siirretään tietokoneelle, jonka avulla kuvia voidaan digitaalisesti muokata haluttuun muotoon. Kuvattavasta kohteesta pitää löytyä sekä lämpökuva että normaalikuva havainnollisuuden parantamiseksi. Tämän jälkeen kuvat liitetään lämpökuvausraporttiin. Raporttiin kirjataan ylös kuvan tiedot, huomiot sekä mahdolliset korjaavat toimenpiteet. Liitteenä 11 löytyy telakalle luotu työohje lämpökuvauksen suorittamisesta.

Lämpökuvaksia saa tehdä vain Henkilö- ja yritysarviointi SETI Oy:n pätevoittämä ammattilainen. Pätevyyden saa suorittamalla hyväksytysti kirjallisen kokeen sekä osoittamalla osaavansa käyttää lämpökameraa SETI Oy:n valvomassa laboratoriossa sekä toimittamalla myöhemmin lämpökuvausraportin todellisissa olosuhteissa tehdystä sähkölaitteiston lämpökuvauksesta. [13, s. 3.]

6.3 Ryhmä- ja jakokeskukset

Telakan alueen kaikki ryhmä- ja jakokeskukset sisällytetään hoito- ja kunnossapito-ohjelmaan. Kaikkiin keskuksiin, joiden suojalaitteena toimii yli 35 A:n sulake, on suoritettava määräaikaistarkastus kymmenen vuoden välein. Kaikkia keskuksia ei käydä määräaikaistarkastuksessa läpi vaan tarkastukset suoritetaan pistokoeluontoisesti, jolloin rakennuksesta valitaan tarkastuksen kohteeksi muutama eri keskus.

Keskusten kuntoa tarkkaillaan lisäksi 2,5 vuoden välein suoritettavilla lämpökuvauksilla sekä viiden vuoden välein suoritettavilla kunnossapitotarkastuksilla (tarkastuspöytäkirja liitteenä 12). Lämpökuvaukset suorittaa telakan oma henkilöstö ja kunnossapitotarkastukset suorittaa alihankkija. Kunnossapitotarkastuksissa tehdään seuraavat toimenpiteet:

- Tarkastetaan keskuksen sekä keskuksen välittömän läheisyyden yleinen kunto ja puhtaus. Tarpeen tullen puhdistetaan kohde.
- Tarkastetaan koteloinnin ja ovien kunto sekä varmistetaan, että kosketus-suojaus toimii moitteettomasti. Varmistetaan, että tahaton pääsy jännitteisiin osiin on estetty. Varmistetaan keskuksien ovien lukitukset. Kosteus-suojaus tarkastetaan tarvittavissa kohteissa.
- Tarkastetaan keskuksen komponenttien kunto.
- Varmistetaan, että keskuksen merkinnät ja kyltit ovat näkyvissä ja oikeat.

- Tarkastetaan, että keskuksen sähkökuvat ovat löydettävissä ja että ne ovat ajan tasalla. Tarkastetaan lähtöjen ja merkintöjen oikeellisuus.
- Varmistetaan varokkeiden oikeat koot. Varokkeiden täsmättävä kuvien kanssa.
- Testataan vikavirtasuojakytkinten toiminta painamalla testipainiketta. Vialliset vikavirtasuojat vaihdettava viipymättä.
- Tarkastetaan ja kiristetään pulttiliitokset sekä kaikki maadoitusliitokset.
- Tarkastetaan kaapeloinnin ja läpivientien kunto ja puhtaus.
- Sähkökeskuksen edessä olevat tavarat siivotaan pois.
- Mitataan keskuksen sisäisten maadoitusten jatkuvuus. Jatkuvuuden on oltava alle 1 Ω .
- Lisäksi laitureilla sijaitsevista keskuksista mitataan syöttökaapelin ja keskuksen eristysresistanssi. Eristysresistanssin arvon on oltava suurempi kuin 1 M Ω .

6.4 Paloilmoitinjärjestelmä

Paloilmoitinjärjestelmä vaatii säännöllistä tarkastamista ja huoltamista. Tarkastukset ja huollot tulee tehdä riippumatta siitä ovatko tilat käytössä vai eivät. Tarkastus- ja huoltosopimukset tehdään järjestelmän haltijan ja tarkastuslaitoksen sekä laitteiston toimittajan tai muun pätevyysvaatimukset täyttävän palveluntuottajan välillä. Sopimuksessa määritetään huoltohenkilöiden pääsy kohteisiin sekä aika, jonka kuluessa korjaustyöt vikailmoituksen jälkeen voidaan aloittaa. [14, s. 30.]

Hoito- ja kunnossapito-ohjelmaan sisällytetään kuukausittain suoritettavat kuukausiko-keilut, vuosittain suoritettavat toiminta- ja tarkoituksenmukaisuustarkistukset, kolmen vuoden välein suoritettavat paloilmaisimien määräaikaishuollot ja tarkastukset sekä tarkastuslaitoksen suorittamat määräaikaistarkastukset. Nämä toimenpiteet esitellään tarkemmin liitteessä 13.

Paloilmoitinjärjestelmän määräaikaistarkastukset suorittaa tarkastuslaitos määrävälein. Järjestelmän haltija huolehtii, että määräaikaistarkastukset tulevat suoritetuksi. Määrä-
välit määräytyvät laitteiston tarkastusluokkien mukaisesti. Jo olemassa olevien kohteiden tarkastusluokan määrittelee paikallinen pelastusviranomainen. Henkilöturvallisuus-

den kannalta tärkeiden kohteiden sekä kohteiden, joihin liittyy huomattava tai suuri palo-vaara, tarkastusväli on kolme vuotta (tarkastusluokka A). Muissa kohteissa tarkastusväli on viisi vuotta (tarkastusluokka B). Poikkeustapauksissa pelastusviranomainen voi määrittellä kohdekohtaisen tarkastusvälin (tarkastusluokka C). Telakan kaikki paloilmoittimet kuuluvat tarkastusluokkaan A. [15, s. 6.]

Kaikista paloilmoitinjärjestelmään kohdistuneista huolto- ja kunnossapitotoimenpiteistä tulee pitää kirjaa ja töiden yksityiskohdat merkitä keskuskohtaiseen huoltopäiväkirjaan. Huoltopäiväkirja on esitettävä viranomaisille pyydettyäessä.

6.5 Poistumisvalaistusjärjestelmät

Sisäasiainministeriön asetukseen 805/2005 perustuen poistumisreitin valaistuksen ja merkintöjen toimintakunnossa pysyminen on varmistettava säännöllisellä kunnossapidolla. Myös pelastuslain 379/2011 12. §:n nojalla poistumisreittien opasteet ja valaistus on pidettävä toimintakunnossa sekä huollettava ja tarkastettava asianmukaisesti. Täten poistumisvalaistusjärjestelmän kunnossapitoa varten on laadittava erillinen kunnossapito-ohjelma. [16, s. 1.]

Tärkeimmät huoltotoimenpiteet ovat lamppujen ja akkujen vaihto sekä valaisimien puhdistaminen. Lamppujen vaihto toteutetaan ryhmävaihtona, mutta tämän lisäksi sammuneet lamput on vaihdettava välittömästi uusiin [17, s. 2]. Poistumisvalaisimissa käytettyjen loistelamppujen ryhmävaihtoväli on 18 kuukautta ja LED-lamppujen ryhmävaihtoväli viisi vuotta [17, s. 3]. Telakalla poistumisvalaistus on toteutettu LED-tekniikalla.

Poistumisvalaisimet puhdistetaan kahden vuoden välein. Tällöin puhdistus tulee suoritettua myös lamppujen ryhmävaihtovälien yhteydessä. Kaikkien sellaisten huoltotoimenpiteiden, jotka edellyttävät keskuksen tai akkukotelon avaamista, suorittajana täytyy olla sähköalan ammattilainen [17, s. 3]. Muut huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa muun kunnossapidosta vastaavan henkilökunnan toimesta.

Poistumisvalaistusjärjestelmän toiminnan varmistamiseksi järjestelmää on tarkkailtava tekemällä päivittäisiä, kuukausittaisia ja vuosittaisia testejä. Päivittäiseen tarkastamiseen kuuluu silmämääräinen poistumisvalaisimien toiminnan varmistus. Käytännössä tämä

tarkoittaa sitä, että esim. muilla huoltokäynneillä löydettyäessä rikkoontuneen tai vikaantuneen poistumisvalaisimen on ryhdyttävä tarvittaviin vaihto- tai korjaustoimenpiteisiin. [17, s. 4.]

Kuukausittaisissa testeissä jokainen poistumisvalaisin ja sisäpuolelta valaistu uloskäytäväkilpi kytketään toimimaan riittävän pitkäksi ajaksi sen akusta, millä simuloidaan normaalin valaistuksen syötön vikaantumista. Jokaisen lampun täytyy palaa akkukäytöllä. Testin aikana varmistetaan, että valaisimet ja kilvet ovat havaittavissa, puhtaat ja toimivat kunnolla. Testijakson lopulla syöttö palautetaan normaalille valaistukselle ja varmistetaan valaistuksen toimiminen akkukäytön jälkeen. Testin aikana tarkistetaan myös keskusakkujärjestelmien valvontalaitteiden toiminta. [17, s. 4.]

Vuosittaisissa testeissä tehdään täyden mitoituksessa käytetyn kestoajan testi. Testi suoritetaan kuten kuukausittainen testaus, mutta valmistajan antamaan informaatioon perustuen [17, s. 4]. Käytännössä tämä tarkoittaa, että valaisin toimii akkusyötöllä koko sen toiminta-ajan.

Kaikki suoritettut testit on merkittävä poistumisvalaistusjärjestelmän huoltopäiväkirjaan ja se on esitettävä viranomaisille pyydettyäessä. Telakan kunnossapito-osasto vastaa sekä testien että hoito- ja kunnossapitotoimenpiteiden suorittamisesta. Järjestelmää koskevat toimenpiteet löytyvät liitteestä 14.

6.6 Akustot

Telakalla akkuvarmennettuja järjestelmiä ovat paloilmoin-, poistumisvalaistus- ja kulunvalvontajärjestelmät. Myös televerkko sekä antennijärjestelmä ovat osittain akuilla varmennettuja.

Poistumisvalaisimien akkuvarmennus voi olla toteutettu keskusakustolla tai akku voi olla rakennettu itse valaisimen sisään, jolloin sitä kutsutaan yksikköturvavalaisimeksi. Telakan poistumisvalaisimet ovat keskusakustojärjestelmällisiä ja akkujen vaihtoväli niissä on neljä vuotta. Myös paloilmoin-, kulunvalvonta- sekä antennijärjestelmien ja televerkkojen akustojen vaihto suoritetaan neljän vuoden välein. Akustojen vaihto on tarkoitus suorittaa kaikille järjestelmille samalla kertaa.

6.7 Räjähdysvaaralliset tilat

Räjähdysvaarallisella tilalla eli Ex-tilalla tarkoitetaan huonetta, sen osaa tai muuta rajoitettua sisä- tai ulkotilaa, jossa joko palava kaasu, palavan nesteen höyry tai sumu, palava pöly ilmaan sekoittuneena tai varsinainen räjähdysaine aiheuttaa räjähdysvaaran. [18, s. 3.]

Perusvaatimukset Ex-tilojen asennuksille on annettu ATEX-direktiivin perusteella annettuihin kansallisiin säädöksiin. ATEX-nimitystä käytetään Euroopan yhteisön direktiiveistä 2014/34/EU (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (olosuhdedirektiivi), jotka koskevat Ex-tiloja sekä niissä käytettäviä koneita ja laitteita. Direktiivien tarkoituksena on suojella Ex-tiloissa työskenteleviä ihmisiä, yhtenäistää EY:n jäsenvaltioiden Ex-tilojen ja niissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia ja taata Ex-laitteiden vapaa kauppa. [18, s. 1.]

ATEX-laitedirektiivi on säädetty lailla voimaan (1139/2016). Lakia täydentää valtioneuvoston asetus räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettujen laitteiden ja suojausjärjestelmien vaatimustenmukaisuudesta (1439/2016). [18, s. 1.]

ATEX-olosuhdedirektiivi koskee sellaisia tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Direktiivi on saatettu kansallisesti voimaan valtioneuvoston asetuksella (576/2003). Asetus koskee sekä uusia räjähdysvaarallisia tiloja että vanhoissa tiloissa tehtäviä muutoksia ja korjauksia. [18, s. 1.]

Räjähdysvaarallisten tilojen olemassaolo velvoittaa työnantajan laatimaan ja ylläpitämään erillistä räjähdysuojasiasiakirjaa, jossa esitellään yleistiedot kiinteistöstä ja toiminnasta, laitoksen kaikki ATEX-luokitellut alueet ja niiden toiminta ja tarkoitus, tietoja riskien määrittelystä ja arvioinnista sekä luokiteltuja tiloja koskevat piirustukset. Myös tila-, laite-, räjähdys- ja syttymisryhmät sekä ATEX-tilojen laitteet ja työvälineet esitellään räjähdysuojasiasiakirjassa.

ATEX-tilojen kunnossapitotoimenpiteet

Sähköasennusten jatkuva käyttö räjähdysvaarallisessa tilassa edellyttää tyydyttävän kunnan varmistamista joko säännöllisin kunnossapitotarkastuksin tai ammattitaitoisen

henkilökunnan suorittamalla jatkuvalla valvonnalla sekä tarvittaessa kunnossapitotoimenpitein [19, s. 117]. Tarkastusta ja kunnossapitoa varten on oltava saatavissa seuraavat ajan tasalla olevat tiedot:

- alueiden tilaluokitus ja kunkin asennuspaikan vaatima räjähdysuojaustaso
- kaasuille räjähdysryhmän (IIA, IIB tai IIC) ja lämpötilaluokan vaatimukset
- pölyille räjähdysryhmän (IIIA, IIIB tai IIIC) ja maksimi pintalämpötilan asetamat vaatimukset
- laitetiedot esim. lämpötilaluokka, räjähdysuojaurakenne, kotelointiluokka ja korroosionkestävyys
- riittävät taustatiedot, jotta Ex-laitteiden räjähdysuojaurakenteensa mukainen kunnossapito on mahdollista, mm. laitteiden luettelo ja sijainti, varasosat, hyväksynnät ja tekniset tiedot
- kopiot aikaisempien tarkastusten pöytäkirjoista. [19, s. 117.]

Suoritettavat kunnossapitotarkastukset on jaettu kolmeen eri tasoon, joita ovat silmämääräiset tarkastukset, yksityiskohtaiset tarkastukset sekä lähitarkastukset [15, s. 118]. Silmämääräisessä tarkastuksessa havainnoidaan ja kirjataan ne mahdolliset viat, jotka pystytään havaitsemaan ilman työkaluja tai apuvälineitä. Lähitarkastuksessa havainnoidaan ne viat, jotka paljastuvat vain työkaluja tai apuvälineitä käyttämällä. Yksityiskohtaisessa tarkastuksessa havainnoidaan viat, jotka paljastuvat vain koteloita avaamalla ja tarvittaessa työvälineitä tai testausvälineitä käyttämällä. [19, s. 115–116].

Sähköasennusten huoltoa ja tarkastusta saavat tehdä vain henkilöt, jotka koulutuksensa ja työkokemuksensa perusteella tuntevat eri räjähdysuojaurakenteet ja asennustavat, standardin SFS-EN 60079-17 asettamat vaatimukset, asennuksia koskevat soveltuvat kansalliset määräykset ja yritysstandardit sekä tilaluokituksen yleiset periaatteet. Näyttö vaaditun koulutuksen saamisesta tulee olla saatavilla, ja henkilökunnalle on järjestettävä säännöllisesti soveltuvaa jatkokoulutusta. [19, s. 117.]

Telakalla ATEX-tiloja ovat maalaamot, maalivarastot sekä kaasukeskus. Maalaamoiden kiinteiden prosessilaitteistojen toimivuudesta ja kunnossapidosta vastaa telakan kunnossapito. Pintakäsittelyn alihankkijan on suoritettava muiden laitteistojen tarkastus ja huolto annettujen ohjeiden ja sopimusten mukaisesti. Laitteistoissa ilmenevistä vioista on käytöhenkilöstön välittömästi ilmoitettava telakan kunnossapidon vastuuhenkilöille.

Kunnossapidettäviä sähkölaitteita ATEX-tiloissa ovat käytännössä pistorasiat, kytkimet sekä valaisimet. Lisäksi joissakin tiloissa on käytössä maalinsekoittimia. Kunnossapito-tarkastukset on suoritettava kaikille räjähdysvaarallisten tilojen sähkölaitteistoille kolmen vuoden välein. Tarkastus suoritetaan alihankintana. Tarkastuspöytäkirja löytyy liitteestä 15.

Sähkömoottorien lämpörelekoestukset

Lämpöreleillä suojataan sähkömoottoreita ylikuormitukselta tai vaihe-epäsymmetrialta. Ylikuormitus tai epäsymmetrinen kuorma voivat aiheuttaa ylivirran takia sähkömoottorin käämien kuumenemista, joka lyhentää merkittävästi moottorin elinikää tuhoamalla käämien eristeet. Lämpöreleet toimivat bi-metallielementtien avulla. Moottorin ottama sähkövirta kulkee bi-metallielementtien läpi lämmittäen niitä. Ylivirran esiintyessä bi-metallielementit taipuvat kuumenemisen seurauksena ja rele vaihtaa koskettimien asentoa. Lämpörele ei katkaise itse päävirtapiiriä vaan lauettaessaan releen koskettimet katkaisevat ohjausvirtapiiriin kulkevan virran.

Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytetyt sähkömoottorit ovat Exe-moottoreita. Exe tarkoittaa varmennettua rakennetta, jolloin siinä ei saa normaalikäytössä esiintyä kipinäointia, valokaaria eikä kuumia pintoja, jotka voisivat sytyttää laitteen sisällä tai ulkopuolella olevan räjähdysvaarallisen seoksen. Räjähtävän kaasuseoksen pääsyä laitteen sisään ei ole kuitenkaan estetty. Laitteen rakenteessa on kuitenkin pyritty estämään viat, jotka aiheuttavat vuotovirtoja, ylilyöntejä, kipinäointia tai liian korkeita lämpötiloja. [16, s. 8.]

ATEX-tilojen sähkömoottorien lämpörelekoestukset suoritetaan kolmen vuoden välein. Koestukset tilataan alihankkijalta. Koestuksessa lämpörele irrotetaan keskuksesta, jonka jälkeen se kytketään erityiseen koestuslaitteistoon. Mittausvirraksi asetellaan moottorin käynnistysvirta. Koestuksen aikana tarkastuspöytäkirjaan kirjataan moottorin virta sekä laukaisuaika. Mittauksen jälkeen varmistetaan, että laukaisuaikakäyrästä saatava laukaisuaika virtasuhteella I_A/I_N ei ole pidempi kuin moottorin arvokilvessä ilmoitettu aika t_E [19, s. 127]. Esimerkki tarkastuspöytäkirjasta liitteenä 16.

Maadoitusmittaukset

Räjähdysvaarallisissa tiloissa on erityisen tärkeää, että sähkölaitteet eivät normaalikäytössään eikä vioittuessaan aiheuta tilannetta, jossa voisi syntyä vaarallista kipinäointia.

Tämän vuoksi näissä tiloissa asetetaan suojamaadoitukselle ja potentiaalintasaukselle erityisiä vaatimuksia. [18, s. 6.]

Potentiaalintasauksella estetään jännitteelle alttiiden ja muiden osien välille syntyviä jännite-eroja esim. ukkosen, staattisen sähkön tai harhavirtojen takia. Potentiaalintasausjärjestelmä voi koostua toisiinsa yhdistetyistä suojajohtimista, metallisista suojaputkista, metallisista kaapelivaipoista, teräslanka-armeerauksista sekä metallirakenteiden osista. [18, s. 7.]

Kaikkien ATEX-tilojen potentiaalintasausjohtimien ja maadoitusliitoksien johtavuuksien sekä harhavirtojen mittaukset suoritetaan kolmen vuoden välein alihankkijan toimesta. Mittauksissa on käytettävä räjähdysvaarallisiin tiloihin soveltuvaa Exi-resistanssimittaria. Samalla on mitattava myös laitteen eristysresistanssi sekä silmukkaimpedanssi. Tarkastuspöytäkirjasta esimerkkinä liite 17.

6.8 Valaistus

Telakan valaistuksena toimistoissa, rappukäytävillä, ruokalassa ja muissa yleistiloissa on käytetty joko led-lamppuja tai loisteputkia. Rungonkoonnissa, muissa suurissa hallitiloissa sekä ulkotiloissa käytetään suurpainenaatrium-lamppuja.

Valaistusjärjestelmille suoritetaan silmämääräinen tarkastus kahden vuoden välein. Tarkastuksessa selvitetään valaistuksen ryhmävaihdon tarpeellisuus. Kaikille tilan tai valaistusryhmän valaisimille suoritetaan ryhmävaihto silloin, kun 30 % lampuista on joko sammunut tai niiden valoteho on pudonnut merkittävästi. Ryhmävaihdossa vaihdetaan kaikki saman tilan tai valaistusryhmän lamput sekä mahdolliset sytyttimet. Ryhmävaihtoa tehdessä suoritetaan samalla myös seuraavat toimenpiteet:

- Valaisimet puhdistetaan liasta ja pölystä.
- Valaisimien mekaaninen kunto ja kiinnitykset tarkastetaan.
- Tarkastetaan valaisimien ohjauksien toimivuus.
- Suoja- ja turvajärjestelmien toiminta tarkastetaan.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda telakan sähkölaitteistoille kattava hoito- ja kunnossapito-ohjelma. Työn aikana tähän kuului tutustuminen telakan alueen rakennuksiin ja sähkönjakeluun, telakalla käytettäviin sähköjärjestelmiin sekä ohjelmaan sisällytettävien laitteistojen ja järjestelmien hoito- ja kunnossapitotoimenpiteiden laatiminen. Työn aikana myös tutustuttiin kunnossapidon ohjeistuksiin, standardeihin sekä sähköturvallisuuslakiin. Sähköinfon julkaisemia ST-kortteja käytettiin runsaasti hyödyksi ohjelmaa tehtäessä.

Ohjelmaan luotuja, tila- ja järjestelmäkohtaisia dokumentteja ovat tarkastuspöytäkirjat ja niiden luettelot kaikista vaadittavista toimenpiteistä. Muita dokumentteja ovat erinäiset laiteluettelot, telakan sähkökeskuslistat sekä ohjeistukset lämpökuvauksia ja muita mitauksia varten. Koko ohjelman nivoo yhteen excel-pohjainen hoidon ja kunnossapidon seurantaohjelma. Nämä dokumentit tallennettiin sekä sähköisesti kunnossapidon projektinohjaushakemistoon että paperiversiona erillisiin kansioihin.

Tuloksena saatiin heti käyttöön otettava kunnossapito-ohjelma. Seurantaohjelman avulla kunnossapidon edistymisen seuranta saatiin helpommin ymmärrettävään ja selkeämpään muotoon. Toinen suuri arvonlisäys saatiin siitä, että pöytäkirjoissa on nyt selitetty yksityiskohtaisesti kaikki kohteissa suoritettavat toimenpiteet. Aikaisemmin ei suoritettavista toimenpiteistä löytynyt kattavia listauksia. Kaikki nämä toimenpidelistaukset ovat helposti löydettävissä projektihakemistosta. Tämä helpottaa esim. kunnossapitotarkastuksien tarjouskyselyiden lähettämistä, kun tiedetään, mitä kaikkia toimenpiteitä kohteessa pitäisi suorittaa.

Myös telakan sähköjärjestelmien nykyhetken tilanteen selvittäminen tulee auttamaan kunnossapitoa suuresti tulevaisuudessa. Esimerkiksi akustojen, sähkökeskusten, paloilmotinkeskusten ja poistumisvalaistuskeskusten sijainneista ei ollut kattavaa tietoa, joten jonkin verran työn tekemisestä kului pelkästään näiden kartoittamisessa. Nyt näistä keskuksista ja akustoista on luotu listaukset, joissa kerrotaan laitteen tunnus sekä sijainti. Kaikkia akustoja ja keskuksia ei vielä välttämättä löydy listauksista, mutta tulevaisuutta ajatellen ainakin nyt on olemassa dokumentit, joihin tämän tiedon voi siirtää. Myös muuntajien varusteiden nykytilanne on tärkeä tieto, joka on tuotu ohjelmaan.

Kunnossapito-ohjelmaa lähdetään toteuttamaan telakalla heti kesäkuusta lähtien, mutta kokemuksia ohjelman lopullisesta toimivuudesta ja soveltuvuudesta saadaan vasta myöhemmässä vaiheessa. Ohjelmaa toteutettaessa tullaan aikataulutuksia ja toimenpiteitä varmastikin vielä hiomaan kokemusten perusteella telakalle sopivammiksi.

On mahdollista, että tulevaisuudessa telakka ottaa käyttöön uuden kunnossapito-ohjelmiston, jonka avulla pystytään entistä helpommin automatisoimaan kunnossapidon seuranta ja helpottamaan ohjelman käyttöä. Luotu kunnossapito-ohjelma helpottaisi tässä tapauksessa uuden järjestelmän käyttöönottoa, kun kaikki vaaditut toimenpiteet ja niiden aikataulut ovat jo kertaalleen selvitetty. Täten jäljelle jäisi vain tiedon siirto projektihakemistosta uuteen ohjelmistoon.

Kunnossapito-ohjelman tekeminen oli haastava ja aikaa vievä projekti. Ajantasaisen tiedon vähyys oli ehkä haastavin osa-alue koko työssä. Työn aikana joutui visuaalisesti käymään läpi oikeastaan koko telakan kanta-alueen, jotta sai ajantasaisen kuvan kaikista kunnossapidettävistä kohteista. Työtä tehdessä tuli tutustuttua kunnossapidon ohjeistuksiin, standardeihin ja sähköturvallisuuslakiin. Kokonaisuudessaan työn tekeminen on auttanut hyvin ymmärtämään laadullisen kunnossapidon tärkeyttä järjestelmien käytöän ja -varmuuden parantamiseksi. Lisäksi työn sisältäessä niin paljon eri järjestelmiä, on niiden tekniikasta ja toimintaperiaatteista tullut opittua hyvin paljon. Tämä on arvokasta tietoa, joka varmasti tulee hyödyttämään vastaisuudessa melkeinpä minkä tahansa sähköalan työtehtävien parissa.

Lähteet

1. Arctech Helsinki Shipyard Oy:n kotisivut. Verkkoaineisto. <http://arctech.fi/fi/about-us/>. Luettu 28.4.2017.
2. Sähköturvallisuuslaki 16.12.2016/1135.
3. Tukes ohje 16/2017.
4. Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista 21.12.2016/1434.
5. ST 51.24 Varmennustarkastuksen suorittaminen. Sähkötieto ry.
6. Sähkölaitteiston käytön johtaja. 2017. Verkkoaineisto. Tukes. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkoalan-vastuuhenkilot-ja-ura-kointi/Sahkolaitteiston-kayton-johtaja/#työt>. Luettu 17.7.2017.
7. ST 96.02. Hoito- ja kunnossapito-ohjelman laadinta. Sähkötieto ry.
8. TTT-käsikirja 2000-07. ABB Oy.
9. Korpinen, Leena. 2017. Muuntajat ja sähkölaitteet. Verkkodokumentti. http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/9muuntajat_ja_sahkolaitteet.pdf. Luettu 28.9.2017.
10. Elovaaraa Jarmo, Haarla, Liisa. Sähköverkot II. Otatieto.
11. Kondensaattoripariston huolto-ohje. Verkkodokumentti. Tampereen Kondensaattoritehdas. <http://www.tkf.fi/pdf/huolto-ohje.pdf>. Luettu 22.9.2017.
12. ST 53.22 Maadoitusresistanssin mittaaminen. Sähkötieto ry.
13. ST 53.62 Sähkölaitteistojen lämpökuvaus. Sähkötieto ry.
14. ST-ohjeisto 01 Paloilmoittimen suunnittelu, asennus, huolto ja kunnossapito 2009. Sähkötieto ry.
15. Sisäministeriön määräys A:60 Paloilmoittimen hankinta, asennus, käyttöönotto, huolto ja tarkastus.
16. ST 96.49 Poistumisvalaistusjärjestelmän kunnossapito-ohjelma. Sähkötieto ry.
17. ST 96.48 Poistumisvalaistusjärjestelmän huolto ja kunnossapito. Sähkötieto ry.
18. ST 51.83 Sähköasennukset räjähdysvaarallisissa tiloissa. Sähkötieto ry.
19. SFS Käsikirja 604-2 Räjähdysvaaralliset tilat. Osa 2: Sähköasennukset, tarkastukset ja huolto. Suomen standardisoimisliitto SFS Ry. 2009.

20. Arctech Helsinki Shipyardin kuvapankki.

Liite 1. Hoidon- ja kunnossapidon seurantaohjelma

[illegible]

Liite 2. Muuntamoiden varusteluettelo

[illegible]

Liite 3. Muuntamon seurantatarkastus



JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, MUUNTAMON SEURANTATARKASTUS
KORTTINUMERO	2-1-1551c-1
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 51, Muuntamo 3
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta (kunnossapitotarkastuksien välissä)
SUORITTAJA:	Telakka

Muuntamon tunnus 1551c		Tarkastaja	Päiväys		
Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa		
1	Edelliset huomautukset				
Seurantatarkastukset muuntamon tiloille			51-403	51-303	51-305
2	Tilan puhtaus ja siisteys				
3	Mekaaniset suojaukset sekä ovien lukitukset				
4	Valaistus				
5	Ilmanvaihto				
6	Lämpötila				
7	Kosteusprosentti				
8	Varusteet ja kyltit				
9	Kaapelipäätteet, kiskotot, läpiviennit ja tukieristimet				
Seurantatarkastukset muuntajille			M3.1	M3.2	
10	Muuntajan öljyn määrä				
11	Muuntajan öljyn lämpötila				
12	Muuntajan öljyvuodot				
13	Muuntajan ilmankuivain				
HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:					



Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisen pöytäkirjan huomautuksien tilanne.
2	Tilan puhtaus ja siisteys	Tarkastetaan tilan puhtaus ja siisteys. Isommat roskat ja ylimääräiset tavarat siivotaan pois.
3	Mekaaniset suojaukset sekä ovien lukitukset	Varmistetaan, että kaikkien jännitteisten osien (esim. kiskostojen) lähelle pääsy on estetty puomeilla, aidoilla tms. Tarkastetaan tilojen ovien lukitukset.
4	Valaistus	Tarkastetaan valaistuksen toimivuus ja riittävyys silmämääräisesti. Tarvittaessa vaihdetaan lamput ja/tai sytyttimet.
5	Ilmanvaihto	Tarkastetaan ilmanvaihdon toimivuus. Tarkastetaan ilmanvaihdon suodattimet ja tarvittaessa vaihdetaan ne.
6	Lämpötila	Tarkastetaan tilan lämpötila ja kirjataan arvo tähän pöytäkirjaan.
7	Kosteusprosentti	Tarkastetaan tilan kosteusprosentti ja kirjataan arvo tähän pöytäkirjaan.
8	Varusteet ja työvälineet	Varmistetaan, että tilasta löytyy vaaditut varusteet ja työvälineet, kts. varusteluettelo. Muuntamotilojen ovissa on oltava varoituskyltti hengenvaarasta.
9	Kaapelipäätteet, kiskostot, läpiviennit ja tukieristimet	Tarkastetaan silmämääräisesti kiskojen, tukieristimien ja kaapelipäätteiden kunto sekä puhtaus. Varmistetaan silmämääräisesti, että liitokset tai kaapeloinnit eivät ole löystyneet. Tarkastetaan kaapelien läpiviennit.
10	Muuntajan öljyn määrä	Tarkastetaan öljyn määrä öljysäiliön osoittimesta ja kirjataan arvo tähän pöytäkirjaan.
11	Muuntajan öljyn lämpötila	Öljyn lämpötila-arvo tarkastetaan mittarista ja kirjataan arvo tähän pöytäkirjaan.
12	Öljyvuodot	Tarkastetaan muuntajan öljysäiliön läheisyydestä merkkejä mahdollisista vuodoista. Mahdollisten vuotojen syy selvitettävä välittömästi.
13	Muuntajan ilmankuivain	Öljymuuntajan ilmankuivaimen pellettien kunto tarkistettava. Jos pelletit ovat selvästi kostuneet 2/3 matkalta, vaihdetaan mallista riippuen joko pelletit tai koko ilmankuivain.

Liite 4. Muuntamon kunnossapitotarkastukset



JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, KUNNOSSAPITOTARKASTUKSET
KORTTINUMERO	2-1-1551c-2
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 51, Muuntamo 3
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Muuntamon tunnus 1551c	Tarkastaja	Päiväys
Yritys	Yhteystiedot	

Liite / liitteet:

Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
1	Edelliset huomautukset		

Kunnossapitotarkastukset keskijännitekojeistolle

2	Pulttiliitoksien sekä maadoitusten tarkastus ja kiristys		
3	Mekaaniset tarkastukset		
4	Katkaisijoiden ja erottimien koestus		
5	Katkaisijoiden ja erottimien uudelleenrasvaus		
6	Releiden asetteluarvojen koestus		
7	Keskijännitekojeiston puhdistus		

Liite / liitteet:

Kunnossapitotarkastukset muuntajille			M3.1	M3.2
8	Pulttiliitoksien sekä maadoitusten tarkastus ja kiristys			
9	Kiinnityspulttien kiristys			
10	Muuntajien häilytyksen koestus			
11	Muuntajan puhdistus			
12	Väliottokytkimen toiminta			
13	Muuntajan öljyn määrä			
14	Muuntajan öljyn lämpötila			
15	Muuntajan öljyvuodot			
16	Muuntajan ilmankuivain			

Liite / liitteet:



Kunnossapitotarkastukset pääkeskuksille			PK3.1	PK3.2	PK3.3	PK3.4
17	Pulttiliitoksien sekä maadoitusten tarkastus ja kiristys					
18	Mekaaniset tarkastukset					
19	Vikavirtasuojien koestus					
20	Komponenttien silmämääräinen tarkistus					
21	Tulppasulakkeet					
22	Pääkeskuksen puhdistus					
23	Katkaisijoiden toiminnan koestus					
Liite / liitteet:						
HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:						



Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisen pöytäkirjan huomautuksien tilanne.
2	Liitoksien tarkastus ja kiristys	Tarkastetaan ja kiristetään pääkiskot ja muut jännitteiset pulttiliitokset. Maadoitusliitosten ja potentiaaalintasauksien (maadoituskisko) liitosten tarkastus ja liittimien kiristys. Varmistetaan, että korroosiovaurioita ei ole päässyt syntymään.
3	Mekaaniset tarkastukset	Varmistetaan, että ovet ja saranat ovat kunnossa. Tarkastetaan koteloinnin kunto ja kojeiston sisäisten valaisimien toimivuus. Varmistetaan kosketussuojauksen toteutuminen.
4	Katkaisijoiden ja erottimien koestus	Katkaisijoiden ja erottimien mekaaninen toiminta koestetaan.
5	Katkaisijoiden ja erottimien uudelleenrasvaus	Mahdollinen uudelleenrasvaus suoritetaan koestuksen ohella. Uudelleenrasvaus valmistajan ohjeiden mukaisesti.
6	Releiden asetteluarvojen koestus	Releiden asetteluarvot koestetaan.
7	Keskijännitekojeiston puhdistus	Puhdistetaan kojeisto kuivalla liinalla, sisältä ja ulkoa.
8	Liitoksien tarkastus ja kiristys	Tarkastetaan ja kiristetään pääkiskot ja muut jännitteiset pulttiliitokset. Maadoitusliitosten ja potentiaaalintasauksien (maadoituskisko) liitosten tarkastus ja liittimien kiristys. Varmistetaan, että korroosiovaurioita ei ole päässyt syntymään.
9	Kiinnityspulttien kiristys	Kiristetään muuntajan kiinnityspultit.
10	Muuntajien hälytyksien koestus	Koestetaan muuntajan hälytyksien toiminta. Hälytyksiä ovat lämpötilahälytykset sekä mahdollisesti kaasuhälytykset.
11	Muuntajan puhdistus	Puhdistetaan muuntaja liasta ja pölystä nihkeällä rätillä. Kuivamuuntajan tapauksessa voidaan lisäksi käämit puhdistaa kuivalla rätillä.
12	Väliottokytkimen toiminta	Koestetaan väliottokytkimen toiminta.
13	Muuntajan öljyn määrä	Tarkastetaan öljyn määrä öljysäiliön osoittimesta ja kirjataan arvo tähän pöytäkirjaan.
14	Muuntajan öljyn lämpötila	Öljyn lämpötila-arvo tarkastetaan mittarista ja kirjataan arvo tähän pöytäkirjaan.
15	Öljyvuodot	Tarkastetaan muuntajan öljysäiliön läheisyydestä merkkejä mahdollisista vuodoista. Mahdollisten vuotojen syy selvitettävä välittömästi.
16	Muuntajan ilmankuivain	Öljymuuntajan ilmankuivaimen pellettien kunto tarkistettava. Jos pelletit ovat selvästi kostuneet 2/3 matkalta, vaihdetaan mallista riippuen joko pelletit tai koko ilmankuivain.



Nro	Toimenpide	Kuvaus
17	Liitoksien tarkastus ja kiristys	Pääkeskuksen kaikki pulttiliitokset tarkastetaan sekä jälkikiristetään, myös maadoitusten osalta.
18	Mekaaniset tarkastukset	Varmistetaan, että ovet ja saranat ovat kunnossa. Tarkastetaan koteloinnin kunto ja kojeiston sisäisten valaisimien toimivuus. Varmistetaan kosketussuojauksen toteutuminen.
19	Vikavirtasuojien koestus	Vikavirtasuojien toiminta tarkastetaan testipainikkeen avulla.
20	Komponenttien silmämääräinen tarkistus	Tarkastetaan silmämääräisesti keskuksen katkaisijoiden, sulakkeiden, vikavirtasuojien ja muiden keskuksen komponenttien kunto.
21	Tulppasulakkeet	Tarkastetaan tulppasulakkeiden kiinnitys sekä tarvittaessa kiristetään ne.
22	Pääkeskuksen puhdistus	Puhdistetaan keskus kuivalla liinalla, sisältä ja ulkoa.
23	Katkaisijoiden toiminnan koestus	Koestetaan katkaisijoiden toiminta.

Liite 5. Kompensointilaitteiston kunnossapitotarkastus



WE MAKE YOU BREAK THE ICE

JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, KOMPENSOINNIN KUNNOSSAPITOTARKASTUS
KORTTINUMERO	2-1-1551i-4
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 42, Muuntamo 2.3
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Muuntamon tunnus 1551i	Tarkastaja	Päiväys
---------------------------	------------	---------

Liite / liitteet: 2-1-1 Kompensoinnin mittauspöytäkirja

Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
1	Edelliset huomautukset		
Loistehon kompensointilaitteiston kunnossapitotarkastus			
2	Kondensaattoripariston mittaukset		
3	Sähköverkon mittaukset		
4	Säätimen toiminta		
5	Jäähdytys, puhaltimet, termostaatin asettelu		
6	Aistinvaraiset tarkastukset		
7	Käyttöohjeet, merkinnät, käytönopastus		

Liite / liitteet:

HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:



Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisen pöytäkirjan huomautuksien nykytilanne.
2	Kondensaattoripariston mittaukset	<p>Kondensaattoripariston kunnon varmistamiseksi sen kapasitanssiarvot tai vaihevirrat on mitattava säännöllisesti. Mittaukset voidaan tehdä joko jännitteettöminä tai jännitteisinä.</p> <p>Alla ohje jännitteettömään mittaukseen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sammuta jännite paristoyksikön pääkatkaisijasta. 2. HUOM! Ennen työhön ryhtymistä on odotettava vähintään 5 minuuttia kondensaattorien jännösvarauksen purkautumista jännitteettömäksi tekemisen jälkeen. 3. Varmista kondensaattorien purkautuminen oikosulkemalla kondensaattorien navat keskenään. Kirjaa kondensaattoripariston tiedot tarkastuspöytäkirjaan. 4. Mitataan kondensaattoriyksikön vaihevälikapasitanssit kapasitanssimittarilla ja verrataan mitattuja arvoja tyyppikilvessä ilmoitettuihin. Jos vaihevälikapasitansseille ei ole ilmoitettu arvoa, se voidaan laskea tyyppikilven arvojen perusteella. 5. Jälkikiristetään liitokset <p>Jos mittaus halutaan toteuttaa jännitteisenä:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mitataan kondensaattoripariston vaihevirrat syöttöjännitteen ollessa päällä ja portaan kontaktorin ollessa päällä. 2. Verrataan vaihevirtoja kondensaattorin nimellisvirtoihin sekä eri vaiheiden kesken. Virtojen täytyy vastata nimellisarvoja ja olla eri vaiheiden välillä samanarvoiset. 3. Sammutetaan paristoyksikön jännite ja jälkikiristetään liitokset.
3	Sähköverkon mittaukset	Kapasitanssien tai virran lisäksi on mitattava verkon tehokerroin ja yliaaltojännitteiden suhteellinen osuus kompensoinnin kanssa ja ilman kompensointia. Yliaaltojännitteiden ja tehokertoimen mittaus toteutetaan tehoanalysaattorilla. Jännitesärön on oltava kaikkialla mitattaessa alle 8 %.
4	Säätimen toiminta	<p>Säätimen toiminta voidaan testata joko itse säätäjistä löytyvän testaus -ominaisuuden avulla tai manuaalisesti. Laitteiston käyttöohjeissa on ohjeet testaus -ominaisuuden käytöstä.</p> <p>Jos säätäjistä ei löydy kyseistä ominaisuutta, voidaan säätäjän toimintaa tarkastaa ottamalla pariston pääsulakkeet irti mutta jättää säätäjän sulakkeet paikoilleen. Tällöin voidaan käsijolla ajaa kontaktorit kiinni ja auki ja näin varmistaa, että kontaktorin kärjet eivät ole hitsanneet kiinni.</p>



Nro	Toimenpide	Kuvaus
5	Jäähdytys, puhaltimet, termostaatin asettelu	<p>Kompensointilaitteiston puhaltimen ja termostaatin toimivuus täytyy tarkastaa. Käyttöohjeissa on kerrottu termostaatin asetteluarvo. Laitetilan lämpötila mitataan ja kirjataan pöytäkirjaan.</p> <p>Laitteessa olevat suodattimet tulee puhdistaa tai vaihtaa laitteiston käyttöohjeiden mukaisesti.</p>
6	Aistinvaraiset tarkastukset	<p>Jokainen komponentti on tarkastettava visuaalisesti ja kuuntelemalla. Havaitut poikkeamat tulee selvittää sekä kirjata mittauspöytäkirjaan.</p> <p>Kompensointilaitteisto ei saa pitää merkittäviä ääniä normaalitoiminnassa. Kompensointilaitteiston päällä tai sisällä ei saa olla likaa tai pölyä. Likaiset kohdat on puhdistettava paloriskin minimoimiseksi.</p>
7	Käyttöohjeet, merkinnät, käytönopastus	<p>Kompensoinnin suomenkielisten käyttöohjeiden on oltava käytettävissä laitetilassa.</p> <p>Mikäli kompensoinnin syöttö on toteutettu rinnakkaissyötöllä, on keskuksen ja kompensoinnin päässä oltava tästä varoittavat tarrat.</p> <p>Kondensaattoriparistosta on löydyttävä purkautumattomasta paristosta varoittava tarra. Lisäksi on löydyttävä tarra, joka varoittaa, että ohjauskytkin ei katkaise itse kondensaattoripariston syöttöjännitettä.</p>

Liite 6. Muuntamon maadoitusmittaukset



WE MAKE YOU BREAK THE ICE

JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, MAADOITUSMITTAUKSET
KORTTINUMERO	2-1-1551i-7
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 42, Muuntamo M2.3
TARKASTUSVÄLI:	10 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Muuntamon tunnus 1551i	Tarkastaja	Päiväys
Yritys	Yhteystiedot	

Liite / liitteet: 2-1-2 Maadoituksien mittauspöytäkirja

Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa	
1	Edelliset huomautukset			
Johtavuuden ja maadoitusresistanssin mittaus			42-457	42-4602
2	Johtavuuden mittaus			
3	Maadoitusresistanssin mittaus			

Liite / liitteet:

HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:

Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisen pöytäkirjan huomautuksien tilanne.
2	Jatkuvuuden mittaus	Mitataan maadoituksien jatkuvuudet maadoituskiskon sekä kaikkien maadoituksien väliltä ja kirjataan arvot pöytäkirjaan. Raja-arvo: Jatkuvuus > 1 Ω.
3	Maadoitusresistanssin mittaus	Mitataan maadoitusresistanssi eli maadoituselektrodin resistanssi ja kirjataan maadoitusresistanssin arvo mittauspöytäkirjaan. Varmistetaan, että mitattu arvo on pienempi kuin laitteiston suurin sallittu maadoitusresistanssin arvo.

Liite 7. Muuntamon lämpökuvaus



JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, LÄMPÖKUVAUS
KORTTINUMERO	2-1-1551c-3
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 51, Muuntamo 3
TARKASTUSVÄLI:	1 vuosi
SUORITTAJA:	Telakka

Muuntamon tunnus 1551c	Tarkastaja	Päiväys
---------------------------	------------	---------

Liite / liitteet: 8-1 Lämpökuvauksen työohje

Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
1	Edelliset huomautukset		
2	Lämpökuvaus keskijännitekojeistolle		
	Kenttä 1 / Tuleva		
	Kenttä 2 / Pääkatkaisija		
	Kenttä 4 / Muuntaja 1		
	Kenttä 5 / Muuntaja 2		

Liite / liitteet:

3	Lämpökuvaus muuntajille		
	Muuntaja 1 / M3.1		
	Muuntaja 2 / M3.2		

Liite / liitteet:

4	Lämpökuvaus pääkeskuksille		
	PK3.1		
	PK3.2		
	PK3.3		
	PK3.4		

Liite / liitteet:

HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:

Liite 8. Muuntamon siivous ja puhdistus



JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, TILAN SIIVOUS JA PUHDISTUS
KORTTINUMERO	2-1-1551c-6
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 51, Muuntamo 3
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Muuntamon tunnus 1551c	Siivouksen suorittaja	Päiväys
Yritys	Yhteystiedot	

Liite / liitteet:

Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa		
1	Edelliset huomautukset				
Siivous ja puhdistus muuntamon tiloille			51-403	51-303	51-305
2	Lattioiden luuttuaminen				
3	Pölyjen pyyhkiminen				
4	Yleinen siisteys				

Liite / liitteet:

HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:

Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisen pöytäkirjan huomautuksien tilanne.
2	Lattioiden imurointi ja luuttuaminen	Lattiat imuroidaan, jonka jälkeen ne luututaan nihkeällä luutulla.
3	Pölyjen pyyhkiminen	Pyyhitään pölyt nihkeällä rätillä.
4	Yleinen siisteys	Tilaan kuulumattomat tavarat siirretään pois tilasta. Varmistetaan, että kyltit ja työvälineet ovat oikeilla paikoilla.

Liite 9. Muuntajan öljynäyte



JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, ÖLJYNÄYTE
KORTTINUMERO	2-1-1551c-5
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 51, Muuntamo 3
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Muuntamon tunnus 1551c	Näytteenottaja	Päiväys	
Yritys	Yhteystiedot		
Liite / liitteet:			
Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
1	Edelliset huomautukset		
2	Muuntajan öljyjen näytteenotot		
	Muuntaja 1 / M3.1		
	Muuntaja 2 / M3.2		
Liite / liitteet:			
HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:			

Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisen pöytäkirjan huomautuksien tilanne.
2	Muuntajan öljyjen näytteenotot	Muuntajan öljyistä otetaan näytteet asianmukaisin menetelmin ja kuitataan näytteet otetuiksi tähän pöytäkirjaan. Saatavat analyysit merkitään tähän liitteiksi.

Liite 10. Muuntamon määräaikaistarkastus



JÄRJESTELMÄ:	MUUNTAMOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS
KORTTINUMERO	2-1-1551c-8
RAKENNUS JA MUUNTAMO:	Rakennus 51, Muuntamo 3
TARKASTUSVÄLI:	10 vuotta
SUORITTAJA:	Tarkastuslaitos

Muuntamon tunnus 1551c	Tarkastaja	Päiväys
Yritys	Yhteystiedot	

Liite / liitteet:

Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
1	Edelliset huomautukset		
2	Määräaikaistarkastus keskijännitekojeistolle		
	KJ-kojeisto		

Liite / liitteet:

3	Määräaikaistarkastukset muuntajille		
	Muuntaja 1 / M3.1		
	Muuntaja 2 / M3.2		

Liite / liitteet:

4	Määräaikaistarkastukset pääkeskuksille		
	PK3.1		
	PK3.2		
	PK3.3		
	PK3.4		

Liite / liitteet:

HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:

Liite 11. Lämpökuvauksen työohje



JÄRJESTELMÄ:	LÄMPÖKUVAUS
KORTIN KUVAUS:	Lämpökuvauksen työohje
KORTTINUMERO	8-1
LÄHDE:	ST-kortti 53.62, Sähkölaitteistojen lämpökuvaus

Sisällysluettelo

1	Määritelmät	1
2	Lämpökamera	1
2.1	Lämpökameraa ja -kuvaajaa koskevat vaatimukset	1
2.2	Lämpökameran erottelukyky	2
2.3	Lämpökameran kalibrointi	3
3	Emissiivisyys	3
4	Lämpökuvauksen ohjeet	5
4.1	Kuvauksen valmistelu	5
4.2	Kuvaustilanne	6
4.3	Kuvattavat kohteet	6
4.4	Kuvauksen analysointi ja raportointi	7

Tässä dokumentissa käydään läpi lämpökuvauslaitteistoihin kohdistuvia vaatimuksia sekä ohjeita itse sähkölaitteiston lämpökuvaukseen. Tässä dokumentissa oletetaan, että lämpökuvauksien tekijä on sähköalan ammattilainen. Maallikko ei saa tehdä lämpökuvauksia muuten kuin sähköalan ammattilaisen valvomana.

1 Määritelmät

Lämpökamera

Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa kuvauskohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn eli infrapunasäteilyn voimakkuutta. Lämpökamera muuttaa säteilyn digitaalisesti lämpökuvaksi.

Lämpökuvaus

Lämpökuvauksella tarkoitetaan kuvattavan kohteen pinnan lämpötilajakauman määrittämistä ja kuvaamista mittaamalla kuvattavan kohteen infrapunasäteily ja tulkitsemalla lämpökuva.

Emissiivisyys

Kappaleen pinnan ominaisuus, joka kuvaa sen kykyä lähettää lämpösäteilyä. Emissiivisyysluku kertoo kappaleen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn määrän osuuden kokonaisenergiasta. Kaikkien todellisten kappaleiden emissiivisyysluku on välillä 0,0 - 1,0. Lisää tietoa tästä kappaleessa 3.

Lämpenemä

Komponentin lämpötilan nousu ympäristön lämpötilaan verrattuna.

2 Lämpökamera

2.1 Lämpökameraa ja -kuvaajaa koskevat vaatimukset

Mittalaitteen tulee olla sähkölaitteiden kuvaamiseen soveltuva lämpökamera ja sen on oltava mittaava eli ainakin yhden pisteen suora lämpötila pitää olla nähtävissä näyttöruu-

dulta. Lämpötila-arvot on myös mahdollista mitata koko kuva-alueelta tietokoneohjelmistoa apuna käyttäen (jälkikäteen). Kuva-aineistoa voidaan säilyttää sähköisessä muodossa.

Lämpötilan mittaamisessa tarkkuuden on oltava $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ tarkkuudella $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ saakka ja yli $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötiloissa $\pm 2\%$ tarkkuudella. Lämpötilaerojen pitää olla mitattavissa vähintään $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ välein. Kamerassa tulee olla mahdollisuus emissiivisyyden ja heijastuneen taustasäteilyn mukaisten korjausten tekemiseen (esim. kuvausten jälkeen tietokoneella). Lämpökameran kuvan pikselimäärän on oltava vähintään 19 200, esimerkiksi 160×120 resoluutiolla.

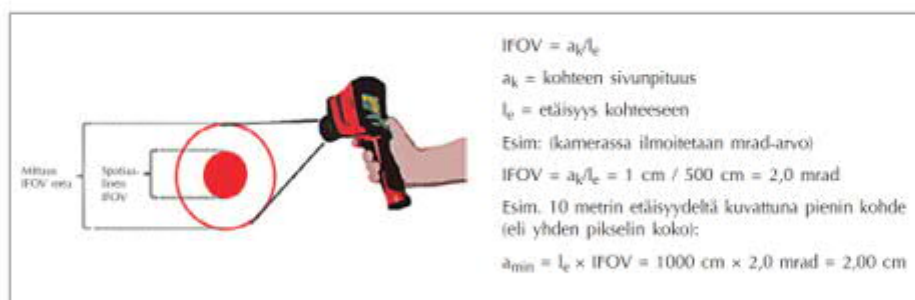
Lämpökuvaajan on oltava sähköalan ammattilainen ja hänen on ymmärrettävä termodynamiikan perusteet.

2.2 Lämpökameran erottelukyky

Lämpökameroissa on kahdenlaista erottelukykä (kuva 1):

- Spatiaalinen erottelukyky on pienin yksityiskohta eli yhden pikselin koko, joka voidaan nähdä lämpökameran näytöllä (IFOV).
- Mittauserottelukyky on pienin yksityiskohta, joka voidaan mitata (IFOV meas.).

Mitattavan kohteen tulisi olla suurempi kuin kameran näytöllä oleva tähtäin.



Kuva 1. Esimerkki lämpökameran erottelukyvystä.

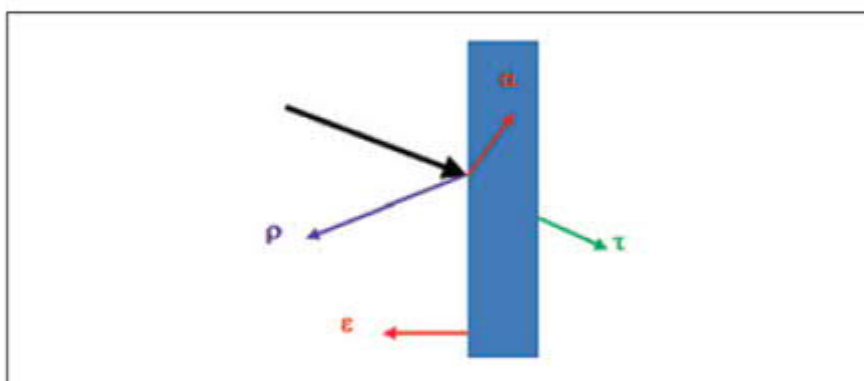
2.3 Lämpökameran kalibrointi

Lämpökameran tarkkuus on tarkistettava vähintään kahden vuoden välein. Jos kuvauksia on harvemmin, niin tarkkuus on muistettava tarkistaa ennen lämpökuvaukseen ryhtymistä. Kalibrointi on syytä teettää asianmukaisessa, kalibrointeja tekevässä yrityksessä lämpökameran valmistajan ohjeiden mukaisesti.

3 Emissiivisyys

Lämpökamera ei mittaa kappaleen lämpötilaa, vaan sen lähettämän infrapunasäteilyn määrää. Emissiivisyys on kappaleen pinnan ominaisuus, joka kertoo kuinka suuren osan pinnan kokonaissäteilystä kappale itse lähettää. Emissiokertoimen arvo on todellisuudessa aina 0,0-1,0 välillä. Esimerkiksi emissiokerroin $\epsilon = 0,8$ tarkoittaa, että kappaleen lähettämästä säteilystä 80% on itse kappaleen säteilemää ja 20% säteilystä tulee jostain muualta heijastuman tai läpäisyn kautta. Kun tämä muualta tuleva IR-säteily saavuttaa kappaleen pinnan, siitä

- osa voi heijastua (p)
- osa voi "imeytyä" eli absorboitua (a)
- osa voi kulkea kohteen läpi (t). (Kuva 2)



Kuva 2. Lämpösäteilyn käyttäytyminen.

Seuraavalla sivulla on taulukko joidenkin aineiden suuntaa-antavista emissiokertoimista.

Taulukko 1. Joidenkin aineiden emissiokertoimia.

Ihmisen iho	0,98
Vesi	0,98
Sähköteippi	0,95
Maali	0,90
Paperi	0,90
Posliini, lasitettu	0,92
Posliini , kiiltävä valkoinen	0,70–0,75
Kupari (hapettunut)	0,68
Kupari (kiilloitettu)	0,02
Alumiini (kiilloitettu)	0,05
Alumiini, voimakkaasti hapettunut	0,20–0,30
Alumiini, karkeistettu	0,18
Volframi, hehkulanka	0,39

Emissiokerroin on orgaanisilla aineilla (ei-metalleilla) on korkea eli 0,8...0,98.

Ei-kiiltävillä pinnoilla on suuri emissiokerroin. Tällaisia materiaaleja ovat mm. maalit, kumi, muovi, sähköteippi tai voimakas hapettuminen. Näiden lämpömittaukset ovat luotettavia ja toistettavia. Heijastavilla pinnoilla, esim. ruostumaton teräs, alumiini tai kupari, on pieni emissiokerroin ja tällöin suuri osa kappaleen lähettämästä IR-säteilystä tulee jostakin muualta ympäristöstä.

Näiden syiden takia suuren emissiokertoimen omaavien pintojen mittaukset ovat luotettavia. Kamerassa on mahdollista säätää emissiokerrointa pinnan materiaalin mukaan, mutta siltikin emissiokertoimen ollessa erittäin pieni (alle 0,6) voivat mittaukset olla hyvinkin epätarkkoja riippumatta kameran emissiokertoimen asetuksesta.

Suositeltava emissiokerroin on vähintään 0,95. Emissiokerrointa voi parantaa esim. maalaamalla pinnan maalilla tai kiinnittämällä siihen sähköteippiä ja mittaamalla teipin lähettämän IR-säteilyn. Vaihtoehtoisesti jos mitataan esim. kaapelikengillä kiinnitetyjä liitoksia, kannattaa lämpötila mitata liittimeen kytketyn johtimen eristeestä eikä liittimestä.

4 Lämpökuvauksen ohjeet

4.1 Kuvauksen valmistelu

Ennen kohteen lämpökuvausta on varmistuttava siitä, että seuraavat asiat tulevat hoide-
tuksi:

- Kuvattava sähkölaitteisto on ollut normaalissa käytössä vähintään puolen tunnin ajan, kuormituksen ollessa vähintään 40 % nimelliskuormasta.
- Mittausnäkyvä on esteetön eli esim. kuvattavien keskusten, kytkentäkoteloiden ym. kannet on avattava ja kosketussuojat poistettava edestä. Lämpösäteily ei läpäise yleisimpiä suojia, vaikka näkyvä valo pääsisikin niistä lävitse.
- Virtamittausten valmistelut: Lämpökuvaukseen kuuluu myös todellisten virtojen mittaaminen. Kuormitusvirta on mitattava luotettavalla, laitteiston mukaisen jännitekestoisuuden omaavalla mittalaitteella, esim. pihtiampeerimittarilla.

Sisätiloissa kuvatessa ei erityisemmin tarvitse ottaa huomioon muita ympäristötekijöitä. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien ottamat virrat voivat kuitenkin erota normaalista sääolosuhteista riippuen, mikä on syytä ottaa huomioon. Ulkotiloissa kuvatessa pitää selvittää ulkoilman lämpötila, tuulen nopeus ja suunta sekä yleinen säätila.

Lämpökuvaus kohdistuu aina virrallisiin järjestelmiin, joten sähkötyöturvallisuuteen pitää kiinnittää huomiota. Lämpökuvaukset on suoritettava riittävän kaukana jännitteisistä kohteista. Jos lämpösäteilyä läpäiseviä ikkunoita on saatavilla, niitä on mahdollista lisätä esim. sähkökeskuksiin turvallisen mittaamisen varmistamiseksi.

Jos kuvaustyöskentelyssä yletytään jännitetyöalueelle, on kuvaajan otettava käyttöön jännitetyöhön tarkoitettuja suojavälineitä, kuten esim. jännitetyöhanskat.

4.2 Kuvaustilanne

1. Ennen kuvauksen aloittamista avataan kannet ja ovet sekä poistetaan suojat (myös läpinäkyvät pleksisuojat). Virtamittarit asennetaan paikoilleen.
2. Kuvatessa kuvauskulman tulisi olla 15 - 45 astetta kuvaajasta aiheutuvan lämpöheijastumisen välttämiseksi. Kuumien kohteiden näkyessä kuvauskulmaa kannattaa muuttaa hieman varmistuakseen, että kyseessä ei ole pelkkä heijastuma.
3. Kuvaus pitää suorittaa tarpeeksi läheltä. Mitattavan kohteen tulee olla suurempi kuin kameran tähtäin.
4. Valitaan lämpötila-asteikko ja kameran emissiokerroin sopivaksi.
5. Otetaan lämpökuva. Muistetaan kiinnittää huomiota kuvattavan pinnan emissiivisyyteen. Tarkimmat tulokset saadaan yleensä maalatuista pinnoista, johdinten eristeistä, riviliitinten muoviosista jne. Sähköteippiä voidaan käyttää tilanteen mukaan emissiokertoimen parantamiseen.
6. Otetaan ylös lämpöarvot sekä mitatut kuormitusvirrat, kirjataan ne lämpökuvausraporttiin.

4.3 Kuvattavat kohteet

1. Muuntajat
2. Kojeistot
3. Pääkeskukset, jakokeskukset
4. Akustot
5. Kompensointilaitteistot
6. Taajuusmuuttajat

Kohteista kuvataan seuraavat osat:

1. Liitoskohdat ja niiden johtimet
2. Kolmivaihelähdöt
3. Sulakkeet
4. Nollakisko ja -johdin
5. Kontaktorit ja lämpöreleet
6. Riviliittimet

4.4 Kuvauksen analysointi ja raportointi

Kuvia analysoidessa kannattaa verrata komponentin lämpötilaa ympäristöön sekä arvioida lämpötilaeroja samanlaisten komponenttien välillä. Kolmivaihejärjestelmässä voidaan tarkastella vaiheiden välisiä lämpötilaeroja ja verrata niitä mitattuihin virtoihin.

Kuvista voidaan havaita vaihe-epäsymmetrian, huonojen tai likaisten liitosten, ylikuormitusten, väärin mitoitus- tai harmonisten yliaaltojen aiheuttamat lämpenemiset.

Kuvaamisen jälkeen lämpökuvat siirretään tietokoneelle, jonka avulla kuvia voidaan vielä digitaalisesti muokata haluttuun muotoon. Tämän jälkeen kuvat liitetään lämpökuvausraporttiin. Raporttiin kirjataan ylös kuvan tiedot, huomiot sekä mahdolliset korjaavat toimenpiteet.

Liite 12. Sähkökeskuksen kunnossapitotarkastus

 <small>WE MAKE YOU BREAK THE ICE</small>	JÄRJESTELMÄ:	JAKO- JA RYHMÄKESKUKSET
	KORTIN KUVAUS:	KUNNOSSAPITOTARKASTUS, PÖYTÄKIRJA
	KORTTINUMERO:	3-1-1
	TARKASTUSVÄLI:	5 vuotta
	SUORITTAJA:	Alihankkija

Rakennus ja sijainti / tilan tunnus:		Tarkastaja:	
Keskuksen tunnus:		Tarkastajan yhteystiedot:	
Valmistaja / tyyppi:		Yritys:	
Pääkytkin:	Nimellisvirta:		
Pääsulakkeet:	Keskus jännitteinen:	Päivämäärä:	
Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK =kunnossa X = ei kunnossa
1	Keskuksen ja tilan kunto, siisteys ja puhtaus		
2	Mekaaniset suojaukset, ovien lukitukset, kosteussuojaus		
3	Komponenttien kunto		
4	Kyltit ja merkinnät		
5	Kaaviot ja piirustukset		
6	Varokkeiden oikeat koot		
7	Vikavirtasuojakytkinten toiminta		
8	Liitosten kunto ja kiristys		
9	Maadoitukset ja maadoitusten jatkuvuus		
10	Vapaa tila ja varoalue		
11	Kaapeloinnit ja läpiviennit		
12	Edelliset huomautukset		
Keskuksen tila:			
HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:			

Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Keskuksen ja tilan kunto, siisteys ja puhtaus	Tarkastetaan keskuksen sekä keskuksen välittömän läheisyyden yleinen kunto ja puhtaus. Tarpeen tullen puhdistetaan kohde.
2	Mekaaniset suojaukset, ovien lukitukset, kosteussuojaus	Tarkastetaan koteloinnin kunto sekä varmistetaan, että kosketussuojaus toimii moitteettomasti. Varmistetaan, että tahaton pääsy jännitteisiin osiin on estetty. Varmistetaan keskuksien ovien lukitukset. Kosteussuojaus tarkastetaan tarvittavissa kohteissa.
3	Komponenttien kunto	Tarkastetaan keskuksen komponenttien kunto.
4	Kyltit ja merkinnät	Varmistetaan, että keskuksen merkinnät ja kyltit ovat näkyvissä ja oikeat.
5	Kaaviot ja piirustukset	Tarkastetaan, että keskuksen sähkökuvat ovat löydettävissä ja että ne ovat ajan tasalla. Tarkastetaan lähtöjen ja merkintöjen oikeellisuus.
6	Varokkeiden oikeat koot	Varmistetaan varokkeiden oikeat koot. Varokkeiden täsmäyttävä kuvien kanssa.
7	Vikavirtasuojakytkinten toiminta	Testataan vikavirtasuojakytkinten toiminta painamalla testipainiketta. Vialliset vikavirtasuojat vaihdettava viipymättä.
8	Liitosten kunto ja kiristys	Tarkastetaan ja kiristetään kaikki liitokset, myös maadoitusten osalta.
9	Maadoitukset ja maadoitusten jatkuvuus	Tarkastetaan keskuksen maadoitusten kunto visuaalisesti sekä mitataan keskuksen maadoitusten jatkuvuus yleismittarilla.
10	Vapaa tila ja varoalue	Sähkökeskuksen edessä ei saa säilyttää tavaroita (vapaa tila 0,8m x 2,0m). Varmistetaan, että keskusta ympäröivä varoalue on merkitty selkeästi.
11	Kaapeloinnit ja läpiviennit	Tarkastetaan kaapeloinnin ja läpivientien kunto ja puhtaus.
12	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisten pöytäkirjojen huomautusten tilanne.

Liite 13. Paloilmoitinjärjestelmän hoito- ja kunnossapitotoimenpiteet



JÄRJESTELMÄ:	PALOILMOITINJÄRJESTELMÄ	
KORTIN KUVAUS:	HOITO- JA KUNNOSSAPITOTOIMENPITEET	
KORTTINUMERO:	5-1	
KÄYTÖN JOHTAJA:	Kimmo Partanen	puh.
JÄRJESTELMÄN HOITAJA:		puh.

Nro	Tarkastuskohde	Tarkastusväli	Suorittaja
1	Jatkuvan seurannan kohteet	Jatkuva valvonta	Telakka
	Irtikytkentöjen minimointi		
	Kaapeloinnin kunto		
	Ilmaisimien, painikkeiden ja hälyttimien kiinnitys ja toimivuus		
	Painikkeiden ja käyttölaitteiden esteetön käyttö		
	Paikantamiskaavioiden muutokset		
	Järjestelmäilmoituksien syyt	Järjestelmäilmoituksilla tarkoitetaan muita kuin palo- ja vikailmoituksia.	
	Raportointi ja ilmoitukset		
2	Kuukausikokeilut	Kuukausittain	Telakka
	Keskuskojeen testaus		
	Hälyttimien testaus	Eri kuukausina 1-3 kpl eri hälyttimiä eri puolilta kiinteistöä.	
	Painikkeiden testaus	Eri kuukausina 1-3 kpl eri painikkeita eri puolilta kiinteistöä.	
	Paloilmaisimien testaus	Eri kuukausina 1-3 kpl eri ilmaisimia eri puolilta kiinteistöä.	
	Yhteystestit		
	Päiväkirjamerkinnot		
3	Toiminta- ja tarkoituksenmukaisuustarkistukset	1 vuosi	Paloilmoitinliike
	Keskuskojeen testaus		
	Hälyttimien testaus		
	Painikkeiden testaus		
	Paloilmaisimien ja anturien testaus		
	Yhteystestit		
	Ohjausten testaus		
	Akuston testaus		
	Vikojen korjaukset ja huollot		
	Ilmaisinten soveltuvuus ja määrä		
	Järjestelmän käytön muutostarpeet ja toimenpiteet (raportti)		



Nro	Tarkastuskohde	Tarkastusväli	Suorittaja
	Kohteen tilojen käyttötarkoituksen muutokset ja vaikutukset (raportti)		
	Paikantamiskaavioiden päivitykset		
	Laiteluettelon päivitykset		
	Konfiguroinnin ja ohjelmiston päivitykset		
	Konfiguroinnin ja ohjelmiston varmuuskopiot kohteessa		
	Päiväkirjamerkinnot		
	Kohteen varaosien tarvetäytöt		
	Kuntoraportti (tehdyt toimenpiteet ja suositukset muutoksista ja päivityksistä)		
	Paloilmoittimen hoitajan koulutus		
4	Paloilmaisimien määräaikaishuollot ja -tarkastukset	3 vuotta	Paloilmoitinliike / Laitevalmistaja
	Huoltotarveanalysointi (likaisuusaste) ja raportti analysoinnista		
	Olosuhdekartoitus huoltotarpeen määrittelyä varten		
	Päiväkirjamerkinnot		
	Paloilmoitinliikkeen tekemä huolto / Laitevalmistajan tekemä tehdashuolto		
	Huoltoraportti		
	Vanhojen paloilmaisimien hävittäminen		
5	Määräaikaistarkastukset	Vaihtelee	Tarkastuslaitos
	Tarkastusluokka A	Tarkastusväli 3 vuotta.	
6	Akustojen aihto	4 vuotta	Alihankkija



Liite 14. Poistumisvalaistusjärjestelmän hoito- ja kunnossapitotoimenpiteet



JÄRJESTELMÄ:	POISTUMISVALAISTUSJÄRJESTELMÄ (TURVAVALAISTUS)		
KORTIN KUVAUUS:	HOITO- JA KUNNOSSAPITOTOIMENPITEET		
KORTTINUMERO:	6-1		
KÄYTÖN JOHTAJA:	Kimmo Partanen	puh.	
JÄRJESTELMÄN HOITAJA:		puh.	

Nro	Tarkastuskohde	Tarkastusväli	Suorittaja
Päivittäiset / silmämääräiset tarkastukset			
1	Jatkuva valvonta	Päivittäin / jatkuva	Telakka
Kuukausittaiset tarkastukset			
1	Toiminnantestaus, lyhyt	Kuukausittain	Telakka
2	Turvavalokeskus	Kuukausittain	Telakka
3	Poistumisvalaisimien tarkastus	Kuukausittain	Telakka
Vuosittaiset tarkastukset			
1	Toiminnantestaus, nimelliskesto	Vuosittain	Telakka
Valaisinhuollot			
1	Ryhmävaihto loistelampuille	18 kuukautta	Telakka
2	Ryhmävaihto LED-lampuille	4 vuotta	Telakka
3	Poistumisvalaisinten puhdistus	2 vuotta	Telakka
Akustojen vaihto			
1	Akkujen vaihto (yksiköturvavalaisimet)	4 vuotta	Telakka
2	Akkujen vaihto (keskusakustojärjestelmät)	4 vuotta	Telakka



Nro	Toimenpide	Kuvaus
Päivittäiset / silmämääräiset tarkastukset		
1	Jatkuva valvonta	Jatkuvalle valvonnalle valvotaan silmämääräisesti jatkuvatoimisten poistumisvalaisimien toimintaa esim. muilla huoltokäynneillä.
Kuukausittaiset tarkastukset		
1	Toiminnantestaus, lyhyt	Joka kuukausi testataan lyhytaikaisesti poistumisvalaistusjärjestelmän toiminta akkukäytöllä valmistajan ohjeistuksen mukaisesti. Jokaisen lampun täytyy palaa testissä. Testin aikana varmistetaan, että valaisimet ja kilvet ovat havaittavissa, puhtaat ja toimivat kunnolla. Testin jälkeen varmistetaan järjestelmän palautuminen normaalitilaan.
2	Turvavalokeskus	Tarkastetaan turvavalokeskuksen valvontalaitteiden toiminta.
3	Poistumisvalaisimien tarkastus	Tarkastetaan jokaisen järjestelmään kytketyn valaisimen toiminta ja se, että ne ovat ehjiä ja puhtaita.
Vuosittaiset tarkastukset		
1	Toiminnantestaus, nimelliskesto	Testataan poistumisvalaistusjärjestelmän toiminta akkukäytöllä nimelliskeston ajan 1 h tai erikseen määritellyn pidennetyn toiminta-ajan verran valmistajan ohjeistuksen mukaisesti. Testin aikana varmistetaan, että valaisimet ja kilvet ovat havaittavissa, puhtaat ja toimivat kunnolla. Testin jälkeen varmistetaan järjestelmän palautuminen normaalitilaan.
Valaisinhuollot		
1	Ryhmävaihto loistelampuille	Suoritetaan ryhmävaihto kaikille ryhmän valaisimille. Valaisimet puhdistetaan samalla.
2	Ryhmävaihto LED-lampuille	Suoritetaan ryhmävaihto kaikille ryhmän valaisimille. Valaisimet puhdistetaan samalla.
3	Poistumisvalaisinten puhdistus	Puhdistetaan valaisimet. Ajoitetaan ryhmävaihdon kanssa samalle kerralle.
Akustojen vaihto		
1	Akkujen vaihto (yksikköturvalaisimet)	Vaihdetaan yksikköturvalaisimissa sijaitsevat akut. Yritetään sovittaa ryhmävaihdon yhteyteen.
2	Akkujen vaihto (keskusakustojärjestelmät)	Vaihdetaan valaisinten keskusakustojärjestelmän akut ja merkitään vaihto suoritetuksi dokumenttiin 7-2 (Akkutaulukko).

Liite 15. ATEX-tilan kunnossapitotarkastukset



JÄRJESTELMÄ:	ATEX-TILOJEN SÄHKÖLAITTEISTOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, KUNNOSSAPITOTARKASTUKSET
KORTTINUMERO:	4-1-R47-M1-1
RAKENNUS JA TILA:	Rakennus 47, Maalaamo 1
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Tilan tunnus	Tarkastaja	Päiväys	
Yritys	Yhteystiedot		
Liite / liitteet:			
Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
1	Edelliset huomautukset		
Silmämääräiset tarkastukset			
2	Yleinen kunto ja puhtaus		
3	Maadoitukset ja potentiaalintasaus		
Yksityiskohtaiset tarkastukset laitteille			
4	Tilaluokitus		
5	Laitteen syöttöpiiri ja tunnus		
6	Kotelo ja tiivisteet		
7	Johtimet		
8	Muutokset		
Yksityiskohtaiset tarkastukset asennuksille			
9	Kaapelit ja johtoreitit		
10	Suojalaitteet		
11	Erityisehdot		
Muut tarkastukset ja huollot			
12	Dokumentaatio		
13	Siirrettävät maadoitusvälineet		
HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:			



Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisten pöytäkirjojen huomautuksien tilanne.
2	Yleinen kunto	Tarkastetaan sähkölaitteiden yleinen kunto ja puhtaus.
3	Maadoitukset ja potentiaalintasaus	Varmistetaan, että maadoitukset ja potentiaalintasaukset ovat kunnossa. Tarpeen tullen kiristetään liitokset.
4	Tilaluokitus	Varmistetaan, että laite vastaa tilaluokitusta.
5	Tarkastetaan syöttöpiiri	Tarkastetaan laitteen syöttöpiirin tunnus ja oikeellisuus. Varmistetaan että laite on sama kuin suunnitelmissa ja kuvissa esitetty.
6	Kotelo ja tiivisteet	Tarkastetaan, että laitteen kotelo on kunnossa. Tiivisteet ja yhdisteet täytyy olla kunnossa.
7	Johtimet	Varmistetaan, että johtimet ovat kiristettyjä.
8	Muutokset	Varmistetaan, että laitteeseen ei ole kohdistettu hyväksynnän vastaisia muutoksia.
9	Kaapelit ja johtoreitit	Tarkastetaan, että kaapelin tyyppi on oikea ja että kaapelissa ei ole näkyviä vaurioita. Kaapeliputket, johtokanavat ja asennusputket täytyvät olla kunnolla tiivistetyt.
10	Suojalaitteet	Varmistetaan, että suojalaitteet ovat oikein asennettu ja että ne toimivat sallituissa rajoissa.
11	Erityisehdot	Jos laitteen luokituksessa mainitaan käytölle erityisehto (X), varmistetaan, että ehdot täyttyvät.
12	Dokumentaatio	Tarkastetaan, että laitteistosta ja sen tilasta löytyy ajan tasalla olevat, seuraavat dokumentit: <ul style="list-style-type: none"> - Tilaluokitus selvitys - Aineominaisuudet - Maadoitus- ja maakaapelikartta - Laiteluettelo, laitteiden paikat - Sähköpiirustukset - Tarkastus- ja mittauspöytäkirjat
13	Siirrettävät maadoitusvälineet	Tarkastetaan tilan siirrettävien maadoitusvälineiden kunto.

Liite 16. ATEX-tilan lämpörelekoestukset



JÄRJESTELMÄ:	ATEX-TILOJEN SÄHKÖLAITTEISTOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, LÄMPÖRELEKOESTUKSET
KORTTINUMERO:	4-1-R47-MJ-3
RAKENNUS JA TILA:	Rakennus 47, Maalijätteen käsittelytila
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Tilan tunnus	Tarkastaja	Päiväys
Yritys	Yhteystiedot	

Liite / liitteet: 4-1-3 Lämpöreleiden koestukset - Mittauspöytäkirja

Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
1	Edelliset huomautukset		
2	Lämpörelekoestukset		

HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:

Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisten pöytäkirjojen huomautuksien tilanne.
2	Lämpörelekoestukset	<p>Suoritetaan Ex-luokitetuille sähkömoottoreille lämpörelemittaukset seuraavasti:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Varmistetaan, että työkalut soveltuvat sähkötöihin ja testausjohtimet ovat riittävän suuria. 2. Ilmoitetaan prosessinhoitajalle lämpöreleen koestamisesta. 3. Tehdään moottorilähtö jännitteettömäksi ja varmistetaan jännitteettömyys siihen soveltuvalla mittarilla. 4. Merkataan lämpöreleen johtimet helppoa takaisinkytkentää varten. 5. Irrotetaan lämpörele lähdöstä. 6. Varmistetaan, että lämpöreleen lämpötila on n. 20 astetta. 7. Mittauskytkentä: <ol style="list-style-type: none"> a. Lämpöreleen navat kytketään sarjaan riittävän suurilla johtimilla. b. Relekoestuslaitteisto kytketään lämpöreleeseen. c. Mittausvirta asetellaan moottorin käynnistysvirraksi. d. Suoritetaan mittaus. Kirjataan arvot pöytäkirjaan. 8. Palautetaan kytkentä: <ol style="list-style-type: none"> a. Puretaan mittauskytkentä. b. Kytketään lämpörele takaisin lähtöön. c. Puretaan merkkaukset. d. Palautetaan keskus jännitteelliseksi. 9. Lopetetaan mittaus ja ilmoitetaan prosessinhoitajalle testauksen valmistumisesta. <p>LÄHDE: Holso, Lasse. 2006. Exe-sähkömoottoreiden ylivirtasuojauksen koestus. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.</p>

Liite 17. ATEX-tilan maadoitusmittaukset



JÄRJESTELMÄ:	ATEX-TILOJEN SÄHKÖLAITTEISTOT
KORTIN KUVAUS:	TARKASTUSPÖYTÄKIRJA, MAADOITUSMITTAUKSET
KORTTINUMERO:	4-1-R47-M1-2
RAKENNUS JA TILA:	Rakennus 47, Maalaamo 1
TARKASTUSVÄLI:	3 vuotta
SUORITTAJA:	Alihankkija

Tilan tunnus	Tarkastaja	Päiväys	
Yritys	Yhteystiedot		
Liite / liitteet: 4-1-2 Maadoitusmittaukset - Mittauspöytäkirja			
Nro	Tarkastuskohde	Huomautukset	OK = kunnossa X = ei kunnossa
Maadoitusmittaukset			
1	Edelliset huomautukset		
2	Silmukaresistanssin mittaus		
3	Eristysresistanssin mittaus		
4	Maadoituksien jatkuvuuden ja harhavirtojen mittaus		
HUOMAUTUKSIA / MUISTIINPANOJA:			

Nro	Toimenpide	Kuvaus
1	Edelliset huomautukset	Tarkastetaan edellisten pöytäkirjojen huomautuksien tilanne.
2	Silmukaresistanssin mittaus	Mitataan sähkölaitteen silmukaresistanssi. Raja-arvo: silmukaresistanssi < 1Ω.
3	Eristysresistanssin mittaus	Mitataan sähkölaitteen eristysresistanssi. Raja-arvo: eristysresistanssi > 1 MΩ.
4	Maadoituksien jatkuvuuden ja harhavirtojen mittaus	Mitataan tilan maadoituksien jatkuvuudet sekä harhavirrat.